

VELEUČILIŠTE U BJELOVARU  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

## **Simultano 5-osno glodanje**

Završni rad br. 01/MEH/2018

Hrvoje Mihekovec

Bjelovar, listopad 2018.



**Veleučilište u Bjelovaru**

**Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar**

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Mihekovec Hrvoje**

Datum: 22.02.2018.

Matični broj: 000271

JMBAG: 0314002603

Kolegij: **PROIZVODNE TEHNOLOGIJE**

Naslov rada (tema): **Simultano 5-osno glodanje**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Strojarstvo**

Grana: **Proizvodno strojarstvo**

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**

zvanje: **viši predavač**

**Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:**

1. mr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., mentor
3. Božidar Hršak, mag.ing.mech., član

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 01/MEH/2018

Povećana konkurencija na tržištu dopušta kupcima imati specifične zahtjeve u odnosu na proizvođača. Na zahtjeve za velikom fleksibilnošću i manjim serijama odgovorilo se višim stupnjem automatizacije i modularnim konceptima gradnje obradnih sustava. U korak s time raste i korištenje popratnih sadržaja kao što su CAD/CAM sustavi. CAD/CAM sustavi olakšavaju korisniku da veoma brzo i jednostavno mijenja izgled i funkciju samog dijela koji želi izraditi. Na nekoliko primjera potrebno je prikazati višeosno glodanje na CNC strojevima, objasniti značenje i ulogu postprocesora kao vezu između CAD/CAM sustava i CNC strojeva.

Zadatak uručen: 22.02.2018.

Mentor: **Tomislav Pavlic, mag.ing.mech.**



Zahvaljujem mentoru Tomislavu Pavlicu, mag.ing.mech. na strpljenju i pomoći pri radu, Berislavu Kolaru, vlasniku tvrtke Oniks d.o.o. na ustupanju stroja, Nenadu Paheru i ostalim radnicima Oniksa koji su me tijekom prakse i zaposlenja puno naučili i uveli u svijet strojne obrade. Na kraju zahvaljujem obitelji, posebno ocu Kreši i djedu Josipu koji su svojim primjerima pokazali kako biti dobar majstor i svim ostalim ljudima koji su bili uz mene tokom studiranja.

# Sadržaj

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Glodanje .....</b>	<b>2</b>
2.1 Podjela glodanja.....	2
2.2 Glodalo .....	4
2.2.1 Vrste glodala .....	5
2.3 Povijesni razvoj obrade metala .....	6
2.4 CNC glodanje .....	7
2.5 CAD/CAM sustav.....	9
<b>3. 5-osno glodanje .....</b>	<b>10</b>
3.1 Koncepti 5-osnih glodalica.....	11
3.2 Vrste 5-osnog glodanja.....	13
3.2.1 Simultano 5-osno glodanje.....	13
3.2.2 Način glodanja 3+2 .....	14
3.2.3 Cycle 800 .....	14
<b>4. Praktični dio.....</b>	<b>16</b>
4.1 Modeliranje .....	16
4.1.1 Solidworks .....	16
4.1.2 Modeliranje u solidworks-u .....	16
4.2 Izrada radioničkog crteža.....	22
4.3 Izrada.....	25
4.3.1 ONIKS d.o.o.....	25
4.3.2 Programiranje 3-osne glodalice u Shopmill-u .....	26
4.3.3 Programiranje 5-osne glodalice u SinuTrain-u.....	42
4.4 Usporedba 3-osnog i 3+2 5-osnog načina glodanja .....	47
<b>5. Zaključak .....</b>	<b>49</b>
<b>6. Literatura .....</b>	<b>51</b>
<b>7. OZNAKE I KRATICE: .....</b>	<b>52</b>
<b>8. SAŽETAK.....</b>	<b>53</b>
<b>9. ABSTRACT .....</b>	<b>54</b>
<b>10. PRILOZI .....</b>	<b>55</b>
10.1 Prilog 1 Radionički crtež .....	55
10.2 Prilog 2 Strojni park Oniks d.o.o. ....	58



## 1. Uvod

Završni rad je iz područja strojarstva, tj. preciznije proizvodnog strojarstva. Posebno se bavi obradom metala CNC glodanjem. U današnje vrijeme zbog povećane konkurencije tržište dopušta kupcima imati specijalne zahjeve. Kao odgovor na te zahtjeve, izradu kompleksnih komada od metala ili nekih drugih materijala, odgovoreno je višim stupnjem automatizacije. S obzirom na to raste i korištenje sadržaja kao što su CAD/CAM sustavi.

Iako je naslov rada simultano 5-osno glodanje, u radu je opisano indeksno glodanje na 5-osnome stroju. Tj. 3 + 2 način glodanja zbog toga jer kod prijave rada u planu tvrtke Oniks d.o.o u kojoj je rađen praktični dio rada bila je kupnja stroja sa simultanih 5 osi što je kasnije promijenjeno. Također zbog opsega posla nakon puštanja stroja u pogon bilo je onemogućeno raditi na 5-osnoj glodalici zbog čega je zamišljeni dio izrađen na klasičnoj 3-osnoj vertikalnoj CNC glodalici.

Svrha pisanja rada je prikazati osnove rada s CAD/CAM sustavima, ukazati na važnost tog sustava u proizvodnji i na konkretnim primjerima prikazati konstruiranje u programskom alatu solidworks, programiranje na upravljačkoj napravi stroja u programskom alatu shopmill, programiranje u programskom alatu sinutrain, izradu dijela na stroju DMG mori CMX 800 V, napraviti program za izradu istog dijela na 5-osnoj glodalici te na kraju pomoću simulacije usporediti izradu istog dijela na 3-osnom i 5-osnom stroju.

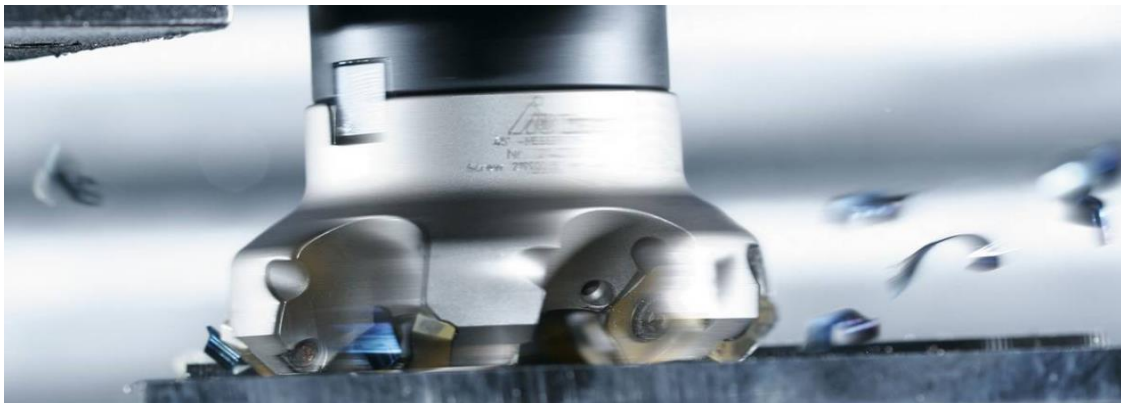
Prvi dio rada je teorijski i bavi se općenito obradom metala, glodanjem, vrstama glodanja i razvojem glodanja od prapovijesti do današnjih automatiziranih sustava, dok je drugi dio rada praktičan i opisuje rad u solidworksu na konstruiranju pozicije, programiranju i izradi.

U prilogu su priloženi PDF dokumenti, strojni park tvrtke Oniks d.o.o. i radionički crtež, na CD-u u digitalnom obliku priloženi su video zapisi simulacije glodanja i radionički crtež.

## 2. Glodanje

Glodanje je jedan od načina obrade metala odvajanjem čestica uz tokarenje, bušenje, piljenje, brušenje, itd. te je uz tokarenje i najzastupljeniji postupak obrade. Tehnička enciklopedija glodanje definira kao: „postupak kojim se dobivaju ravne i zakrivljene plohe. Glavno gibanje obavlja alat, a pomoćno najčešće obradak“ [1]. Glodanje se dijeli prema nekoliko kriterija: prema kvaliteti obrađene površine, prema kinematici postupka, prema položaju reznih oštrica na glodalu, prema obliku obrađene površine.

Alat za glodanje je glodalo. Oblici glodala su raznoliki jer služe za razne vrste glodanja u osnovi glodala se dijele prema načinu izrade, prema obliku zubi, prema obliku tijela.



Slika 2.1. Čeono glodanje [2]

### 2.1 Podjela glodanja

Prema kvaliteti obrađene površine:

- grubo
- završno
- fino glodanje

Prema kinematici postupka:

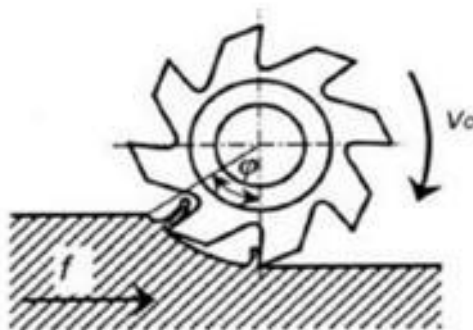
- istosmjerno
- protusmjerno

Prema položaju reznih oštrica na glodalu:

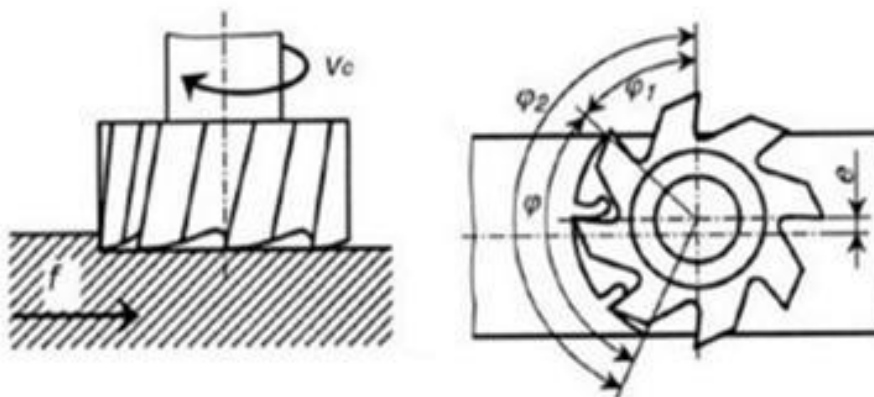
- obodno
- čeono

Prema obliku obrađene površine:

- ravno (plansko)
- okretno (okruglo i neokruglo)
- profilno (glodanje utora raznih profila, modulno glodanje),
- odvalno, oblikovno (kopirno ili CNC)



Slika 2.2. Obodno glodanje [3]



Slika 2.3. Čeono glodanje [4]



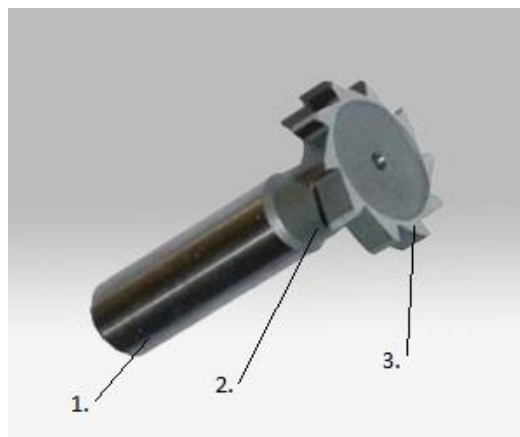
## 2.2 Glodalo

Glodalo je alat s definiranom geometrijom kojim se obaljšava glodanje. Glodalo ima više jednakih oštrica koje sijeku strugotinu. Prilikom obrade oštrice glodala nikada nisu istodobno u zahvatu.



Slika 2.4. Glodala [5]

Glodala su najčešće valjkastog oblika s oštricama pravilno raspoređenima na obodnoj ili čeonj plohi glodala. Osnovni dijelovi glodala su radni dio, dio s oštricama, zatim vrat i stezni dio. Stezni dio služi za stezanje glodala u nosač, a vrat je spojni dio između radnog i steznog dijela. Na slici 2.5. prikazani su osnovni dijelovi glodala.



Slika 2.5. Osnovni dijelovi glodala [6]

1. – Tijelo glodala
2. – Vrat glodala
3. – Radni dio glodala

### 2.2.1 Vrste glodala

Glodala se mogu podijeliti u tri skupine, to su: prema materijalu oštrice, prema načinu stezanja i prema načinu izvedbe.

Prema materijalu oštrice glodala se dijele na: brzorezni čelici, tvrdi metal, cermet, rezna keramika, polikristalni dijamant i kubični bor nitrid. Prema načinu stezanja postoje glodala s provrtom i glodala s drškom, dok prema načinu izvedbe podjela je na glodala cijela izvedena iz jednog materijala, glodala s lemljenim pločicama i glodala s izmjenjivim pločicama.



Slika 2.6. Glodala izvedena iz jednog materijala [7]



Slika 2.7. glodalo s izmjenjivim pločicama [8]

## 2.3 Povijesni razvoj obrade metala

Prema definiciji obrada metala je: „promjena oblika, dimenzija ili svojstava kako bi se prilagodio daljnoj upotrebi“ [9].

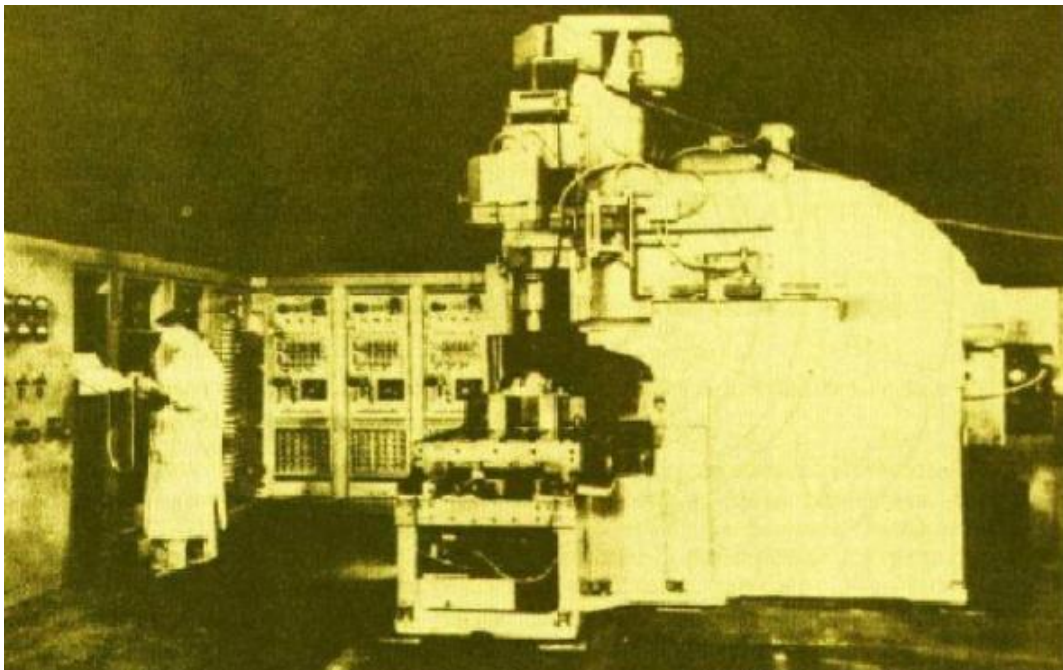
Da bi se metali mogli obrađivati potreban je alat. Početci izrade alata i obrade metala sežu u prapovijesno doba. Obrada metala na bliskom istoku počinje oko 6000. god. pr. Kr., a opća uporaba željeza počinje oko 1000. god. pr. Kr. Skoro kroz cijelu povijest ljudi se bave obradom metala. Od oružja pa do pomagala u obrađivanju zemlje itd. Alati i materijali bili su obrađivani na razne načine, pogonska snaga je bila prirodna: vjetar, voda ili životinjska snaga. Suvremena obrada metala automatiziranim strojevima ima svoje početke u industrijalizaciji, tijekom prve „industrijske revolucije“. Tijekom 18. stoljeća zbog pojave parnog stroja ljudski rad počeo se zamjenjivati radom strojeva. To je bilo vrijeme mehanizacije, a danas je vrijeme automatizacije, vrijeme u kojem računalo upravlja mehaničkim radom. Postupci obrade metala podijeljeni su u nekoliko skupina: obrada izvornog oblikovanja, obrada bez odvajanja čestica, obrada spajanjem, obrada zaštite materijala, obrada promjenom svojstava i obrada odvajanjem čestica u koju pripada i glodanje. Danas je CNC glodanje najzastupljeniji način glodanja, a u razvoju su razni sustavi glodalica.



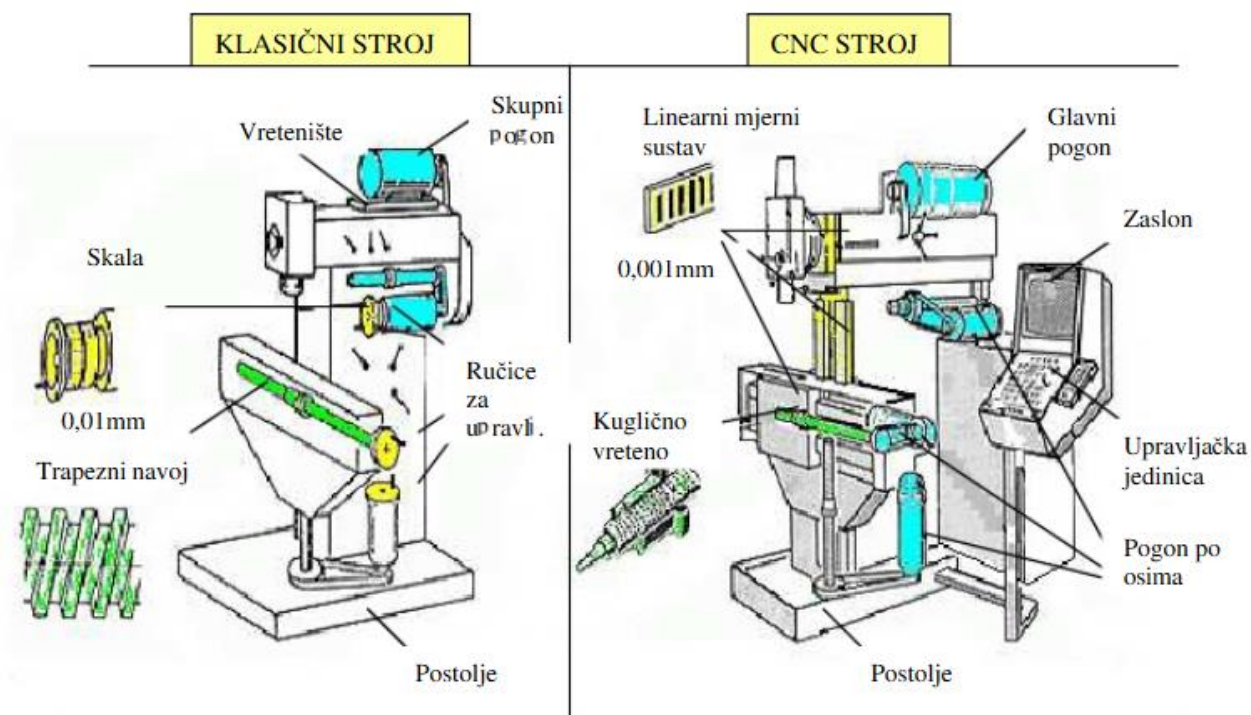
Slika 2.8. 5-osna glodalica DMG CMX 70 U [10]

## 2.4 CNC glodanje

CNC engleska je skraćenica za Computer Numerical Control, u prijevodu kompjutersko numeričko upravljanje. CNC upravljanje strojevima nastalo je kao unaprjeđenje NC glodanja (Numerical Control). Osnovni dio NC upravljanja je upravljanje strojem pomoću programa koji je unaprijed definiran. S obzirom da su se programi sastojali od brojaka i slova nastao je naziv numeričko upravljanje. Razvojem informatike došlo je do kompjuterskog upravljanja numeričkim strojem tj. CNC. Većina današnjih strojeva su upravljani na taj način dok klasične glodalice lagano postaju stvar prošlosti. CNC upravljačke jedinice rade na principu korištenja mikropcesora. Početak numeričkog upravljanja bio je u Americi početkom 50-ih godina kada su znanstvenici MIT-a (Massachusetts Institut of Technology) implementirali na stroj „elektroničko upravljanje“. Kod tog prvog numerički upravljanog stroja program se unosio preko bušene papirne vrpce.



Slika 2.9. Prvi CNC stroj [11]



Slika 2.10. Razlike između klasičnih i CNC strojeva [12]



Slika 2.11. Klasična glodalca [13]



Slika 2.12. CNC glodalica [14]

## 2.5 CAD/CAM sustav

CAD i CAM engleske su skraćenice za Computer Aided Desing (CAD) i Computer Aided manufacturing (CAM). Prevedeno na hrvatski CAD je kompjutorski potpomognuto dizajniranje, a CAM je kompjutorski potpomognuta proizvodnja. Kao što i sami nazivi daju do znanja to su sustavi koji omogućuju modeliranje, konstruiranje, izradu dokumentacije i proizvodnju uz pomoć računala. U CAD alatima moguće je konstruiranje i modeliranje od jednostavnih dijelova do kompleksnih konstrukcija kao što je projektiranje cijelih proizvodnih sustava. CAD sustavi omogućuju i lakšu izradu tehničkih crteža koji mogu biti izrađeni u dvije i tri dimenzije (2D i 3D). Kod modernih CAD alata moguća je rotacija modela i pogledi na model iz bilo kojeg kuta.

U drugom, praktičnom dijelu rada prikazan je rad u CAD alatu solidworks. Nakon što su zamišljeni dijelovi skicirani, nacrtani modelirani potrebno ih je i izraditi što omogućuju CAM sustavi. CAM sustavi predstavljaju programske alate koji inženjerima i operaterima omogućuju izradu.



### 3. 5-osno glodanje

Najveća promjena u industriji strojne obrade u bliskoj prošlosti je CNC, tj. kompjutorska numerička kontrola. S tim promjenama došlo je osim do promjene u radu operatera na strojevima i do promjene inženjerskog posla, konstrukcije i dizajna. Jedina ograničenja strojevima sada su samo mehanička stoga dolazi do pojave strojeva s 5-osi. Zahtjevne i kompleksne zakrivljene površine obrađivale su se na 3-osnim strojevima za glodanje, a nedostatak dviju osi kompenzirao se raznim specijalnim alatima, prihvratima obratka i obradom dijela s nekoliko strana. Raznim kompanijama tada je postalo jasno da je neophodno uvesti 5-osnu obradu u svoje poslovanje. Vrhunac strojne obrade kompleksnih komada nekada, sada je postao standard u proizvodnoj CNC industriji. Strojevi s 5 osi omogućuju uštedu na vremenu obrade, veću preciznost na kompleksnim komadima i općenito unapređuju proces proizvodnje. 5-osni strojevi promijenili su i pristup dizajniranju. U nekim slučajevima uvođenje 5-osnih strojeva jeftinije je od klasičnog 3 osnog glodanja.



Slika 3.1. 5-osni stroj [15]

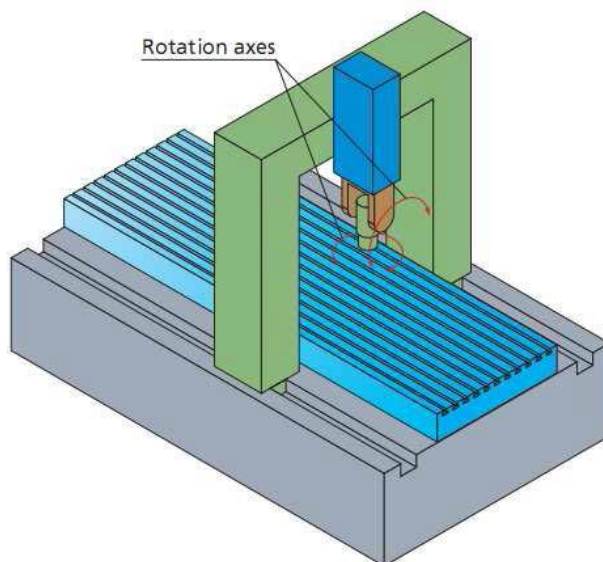
Gledajući u povijest 5-osna obrada počinje s potrebama avioindustrije, 50-ih godina 20. stoljeća budući da je postojala potreba za takvom obradom kod izrade opreme za transport, konstrukciju, kućne aplikacije itd. Bilo je potrebno obraditi zahtjevne i kompleksne površine, što je uključivalo jedino 5-osnu geometriju. Početak 5-osne obrade seže u 1958- g. kada je uspostavljen jedan od prvih projekta u U.S. Air Force. Cincinnati Milacron Milling Machine Co. koji imao je ugovor o 5-osnoj vertikalnoj glodalici koja je

trebala biti pogonjena sa 3 tzv. „kontrolera“. Cijeli projekt nazvan je "Opium Mill" Naziv je podsjećao na koncept koji nije bio u doticaju sa stvarnošću za tadašnje vrijeme. Stroj je imao 5 osi gibanja (X, Y, Z, A i B). Jedan kontroler bio je zadužen za translacijsko gibanje triju osi (X,Y,Z). Drugi kontroler je bio zadužen za prvu rotacijsku os (A). Treći kontroler je bio zadužen za drugu rotacijsku os (B). Stroj je uključivao mehaničko računalo koje je pratilo dubinu glodala triju translacijskih osi (X, Y, Z) i dva kuta nagiba rotacijskih osi (A i B). Bez NC tehnologije, koncept nije bio praktičan za upotrebu pa razvoj 5 osnih strojeva svoj vrhunac doživljava tek danas kada je CNC tehnologija postala uobičajena u strojnoj obradi.

### 3.1 Koncepti 5-osnih glodalica

Koncept osi gibanja kod 5-osnih glodalica je takav da su najčešće tri translacijske i dvije rotacijske osi. Rotacijske osi mogu biti realizirane na glavi za prihvat alata, na stolu za stezanje obradaka ili jedna os na glavi, a jedna na stolu.

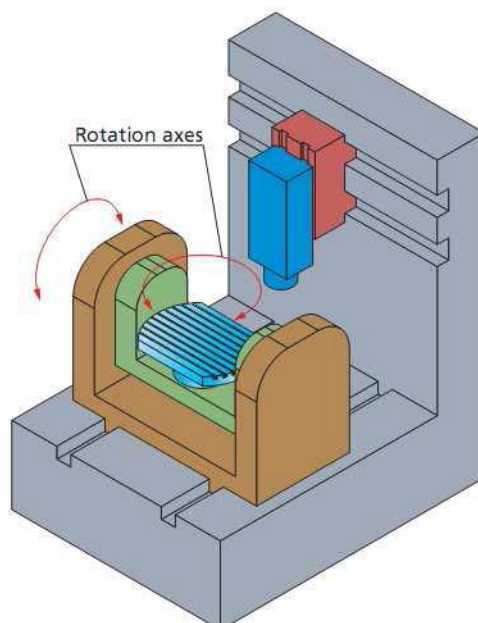
- HEAD HEAD - obje rot. osi su montirane na Z-osi stroja



Slika 3.2. Head head koncept 5-osne glodalice [16]

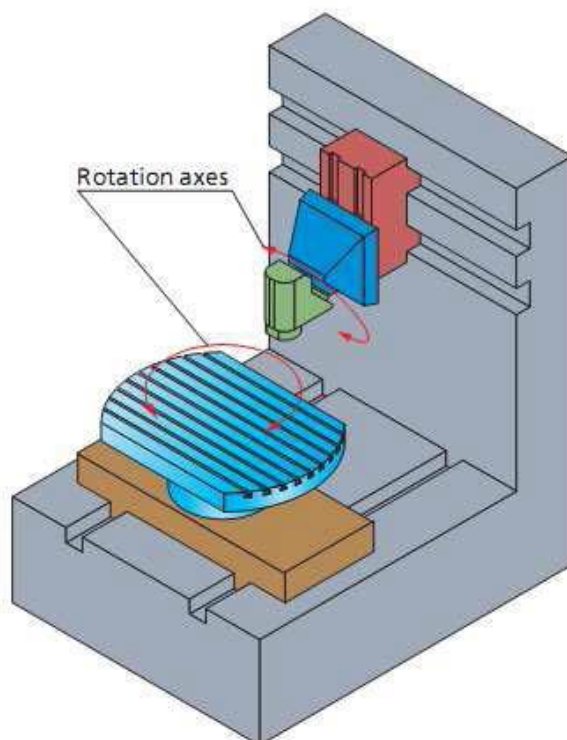


- TABLE TABLE - obje rot. osi su montirane na radnoj ploči



Slika 3.3. Table table koncept 5-osne glodalice [17]

- HEAD TABLE- jedna rot. os je na radnoj ploči, jedna na Z-osi



Slika 3.4. Head table koncept 5-osne glodalice [18]

## 3.2 Vrste 5-osnog glodanja

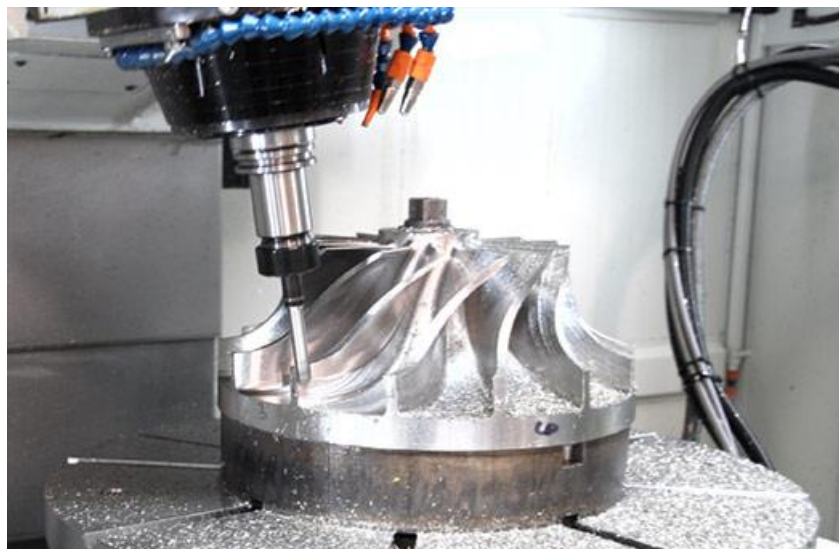
5-osna obrada djeli se na dvije osnovne vrste, to su simultana obrada i 3+2 obrada

### 3.2.1 *Simultano 5-osno glodanje*

Riječ simultano jednaka je riječi istovremeno prema tome zaključno je da kod 5-osnog simultanog glodanja moguća su istovremena gibanja svih 5 osi, ovakav način obrade koristi se za izradu kompleksnih komada s krivuljama, zbog male potrebe i visoke cijene u proizvodnoj industriji nije toliko u čest kao 3+2 način obrade. U nastavku na slikama 3.2. i 3.3. prikazano je nekoliko dijelova koji su proizvedeni 5-osnim simultanim načinom obrade.



Slika 3.2. Primjer simultanog 5-osnog glodanja [19]



Slika 3.3. Primjer simultanog 5-osnog glodanja [20]

### 3.2.2 Način glodanja 3+2

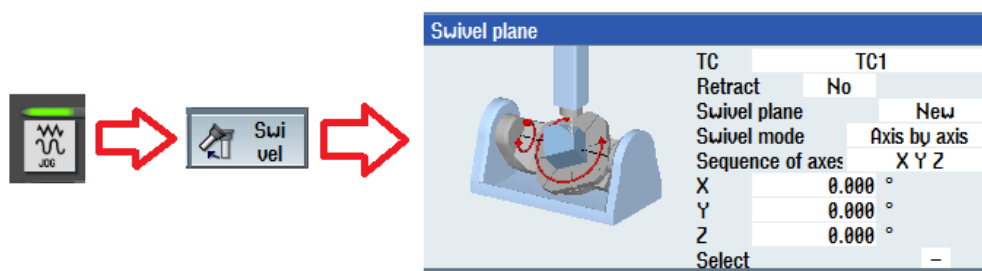
Kod ovakve vrste glodanja 3 osi su simultane tj. mogu se istovremeno kretati, to su 3 translacijske osi X, Y i Z. Dvije dodatne osi su rotacijske, ovakav način glodanja naziva se još 2,5 D. Dvije rotacijske osi omogućuju rad u zakrenutim pogledima, tj moguć je pristup alata obratku s više strana. Time se postiže da u jednom stezanju dođe do što većeg stupnja gotovosti obratka, tako sada uz pomoć 5 osnih strojeva i 3+2 načina glodanja u 2 stezanja napravi se dio za koj je prije trebalo 3, 4, 5 ili više stezanja samim time i toliko programa i priprema za obradu, što produžuje vrijeme izrade, a smanjuje i preciznost. Praktični dio programiranja rađen je u siemensovom programskom alatu SinuTrain s toga u nastavku će biti riječ o siemensovom ciklusu „cycle 800“ koji olakšava 3+2 način glodanja.

### 3.2.3 Cycle 800

S ciljem da 3+2 način glodanja učini lakšim, ekonomičnijim i efikasnijim siemens je razvio tzv. ciklus 800. Taj ciklus omogućuje zakretanje koordinatnih sustava i orijentiranje alata. U nastavku su opisane operacije i prednosti tog ciklusa.

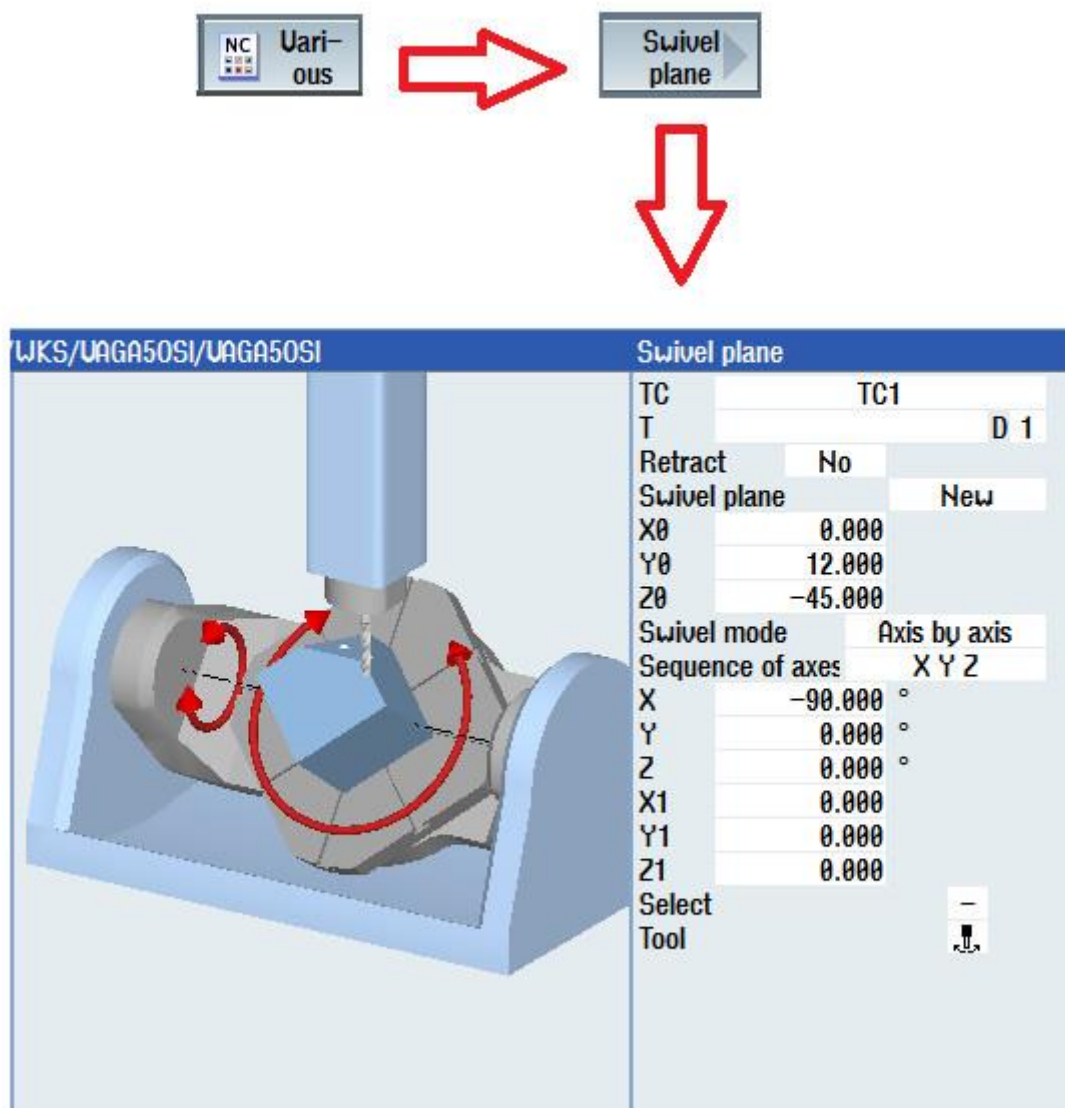
Ima mnogo načina za zakretanje koordinatnih sustava ovdje je opisan način zakretanja „axis-by-axis“ (os po os) jer se takva metoda programiranja najčešće koristi. Način programiranja je isti kao kod 3-osnog glodanja sa osima geometrije (X, Y, Z). Prema tome ciklusi glodanja, bušenja, itd. programiraju se normalno kao kod 3 osnog glodanja, a cijeli koordinatni sustav, tj pogled ili plan zakrećemo pomoću cycle 800 ciklusa. Pogled tj. orijentacija glodanja uvijek je okomita na os alata. Tijekom takvog načina glodanja koordinatni sustav je statičan.

U „ručnom“ načinu rada stroja koordinatni sustav zakreće se naredbom „Swivel“, prikazanoj na slici 3.4.



Slika 3.4. „Ručno zakretanje koordinatnog sustava“

Ukoliko je potrebno koordinatni sustav zakrenuti unutar programa, to se radi naredbom „Swivel plane“ kako je prikazano na slici 3.4.



Slika 3.4. Zakretanje koordinatnog sustava u programu

## 4. Praktični dio

U ovom dijelu rada opisana je izrada dijela od skice na papiru, izrade 3D modela, radioničkog crteža do konačne izrade na stroju. Za modeliranje koristi se programski alat Solidworks 2016. a za programiranje korišten je programski alat SinuTrain i Shopmill (na upravljačkoj napravi stroja)

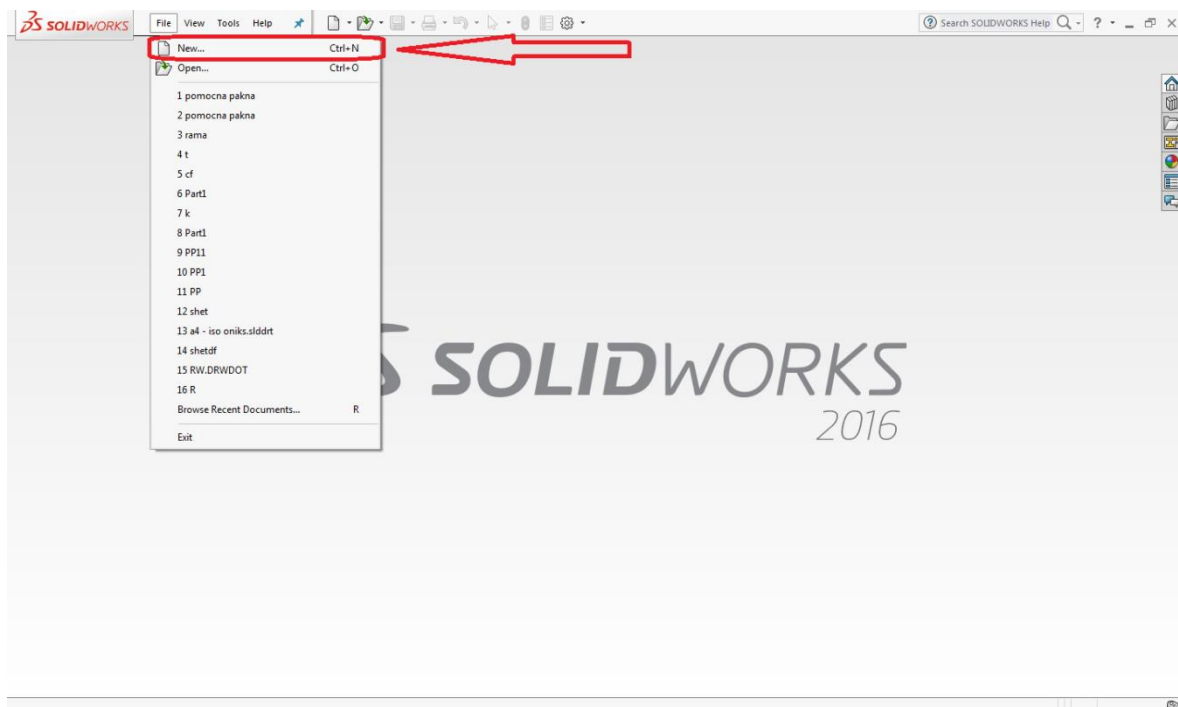
### 4.1 Modeliranje

#### 4.1.1 *Solidworks*

Solidworks je računalni program za modeliranje. Prema informacijama dostupnima na internetu u 2013. godini preko 2 milijona inženjera i dizajnera koristilo je solidworks [21].

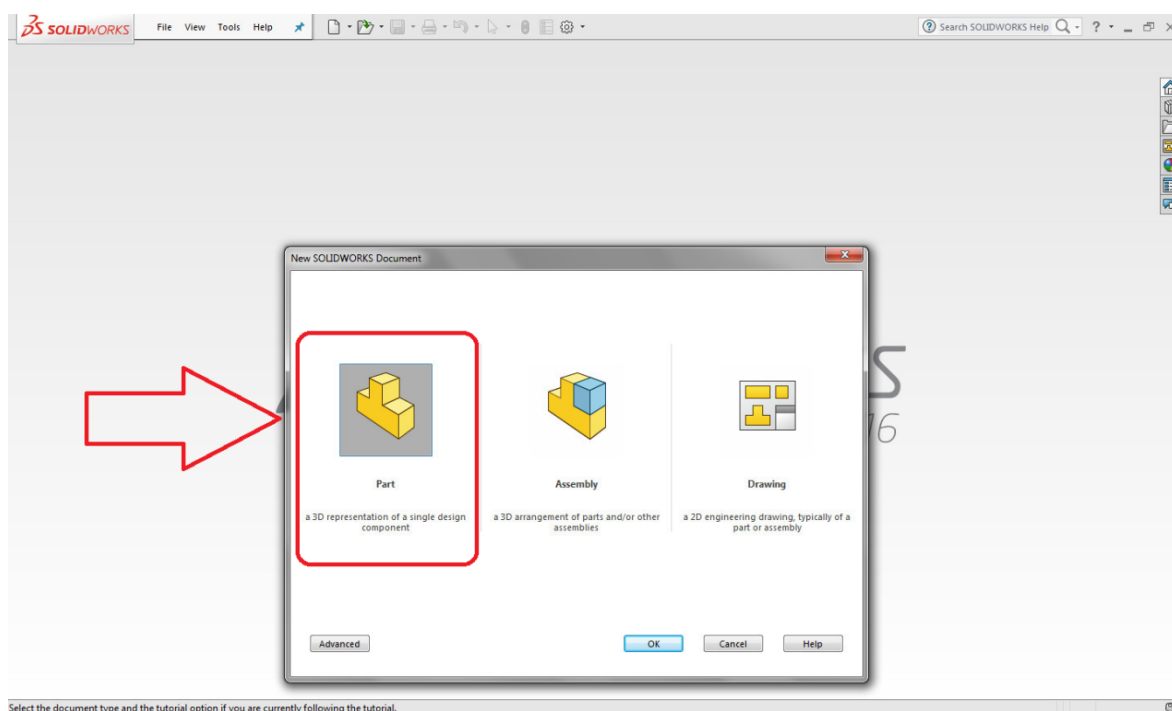
#### 4.1.2 *Modeliranje u solidworks-u*

Nakon pokretanja programskog alata klikom na „file“, zatim „new“ stvara se novi projekt kako je prikazano na slici 4.1.

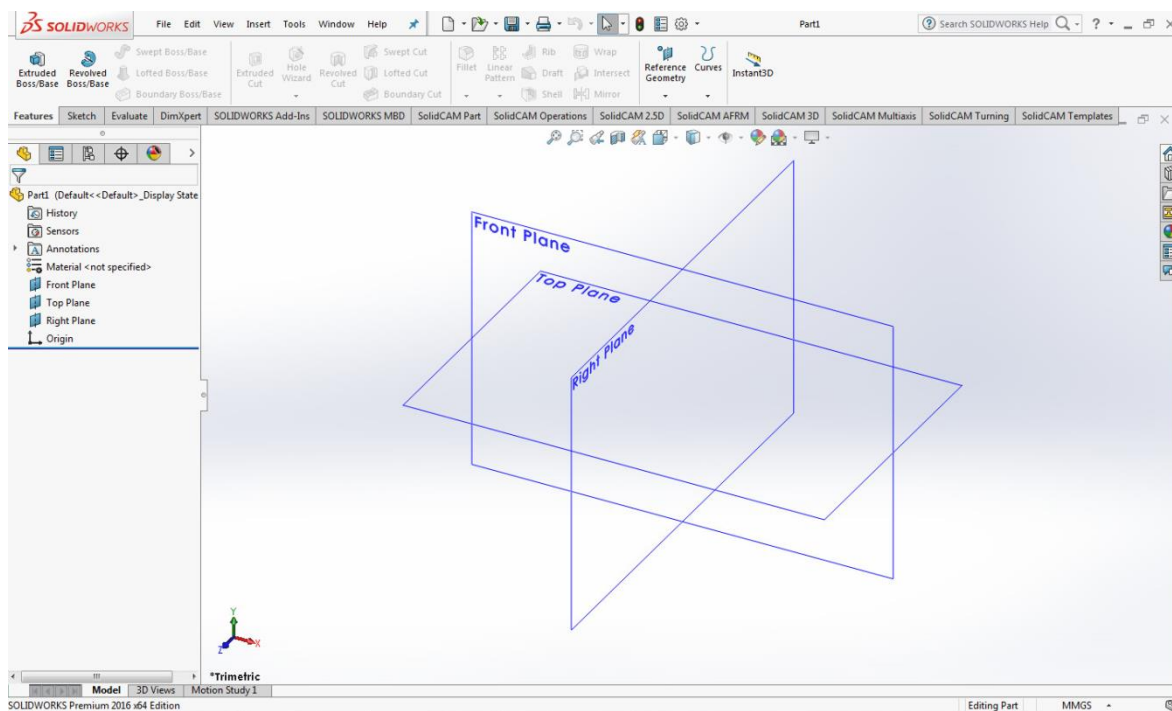


Slika 4.1. Izgled programskog alata solid works

Zatim odabirom „part“ započinje konstruiranje kao što je prikazano na slici 4.2.



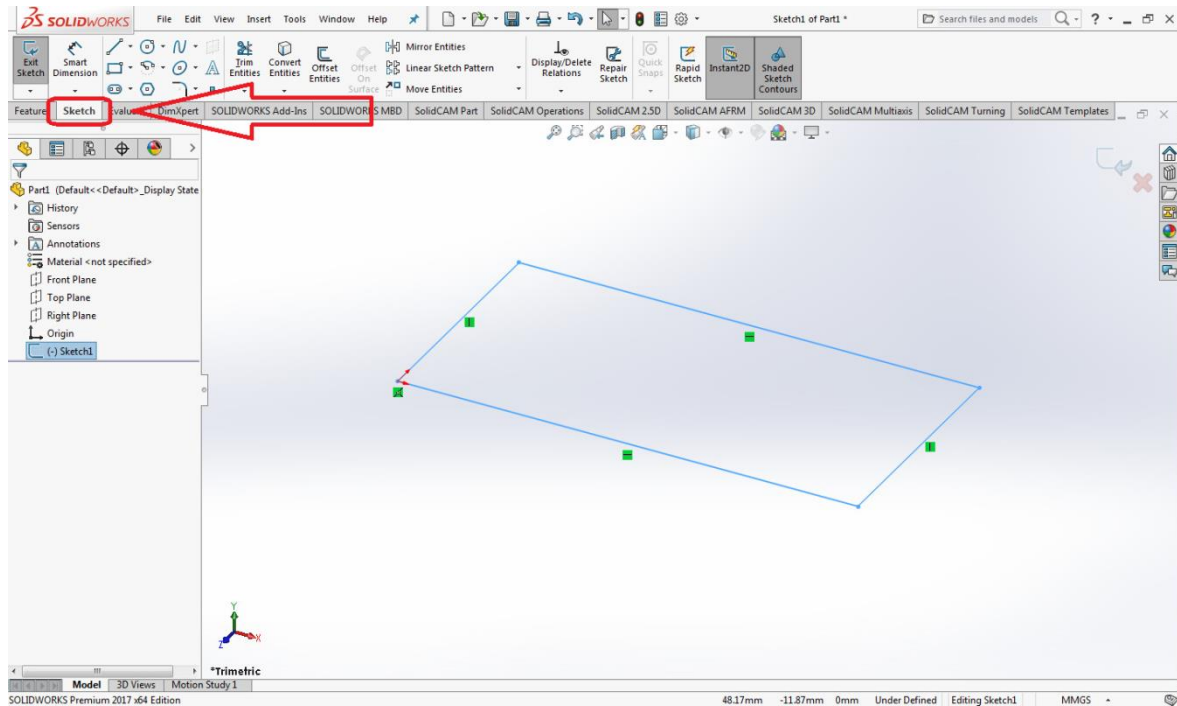
Slika 4.2. Prikaz rada programskom alatu Solidworks



Slika 4.3. Izgled zaslona prije početka crtanja

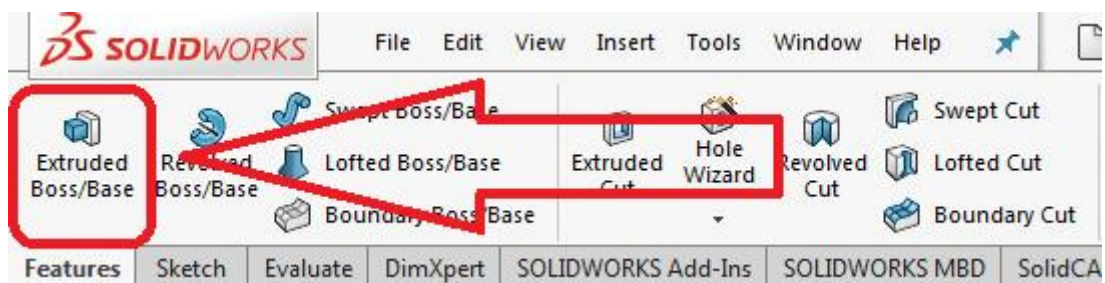


Nakon odabira pogleda ili plana počinje crtanje. Odabirom programske trake „skech“ označene na slici 4.4. otvara se alatna traka gdje su ponuđeni se razni alati za crtanje. Odabirom kvadrata, crta se kvadrat željenih dimenzija i dobiva njegov „skech“ kako je prikazano na istoj slici.

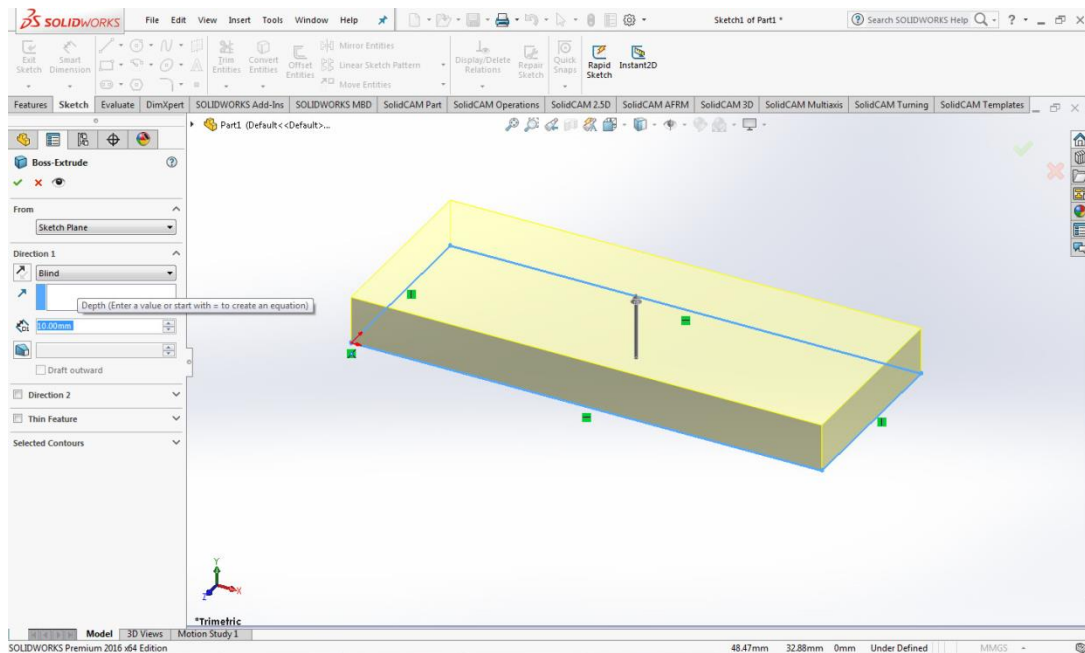


Slika 4.4. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

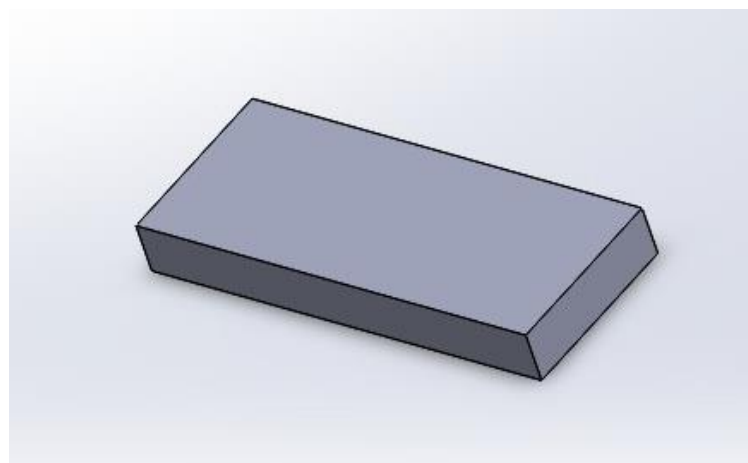
Nakon što je kvadrat željenih dimenzija nacrtan u alatnoj traci „features“ (slika 4.5.) pomoću naredbe „Extruded“ izdužuje se kvadrat na željenu dimenziju i dobiva se 3D model. (slike 4.6. i 4.7.)



Slika 4.5. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

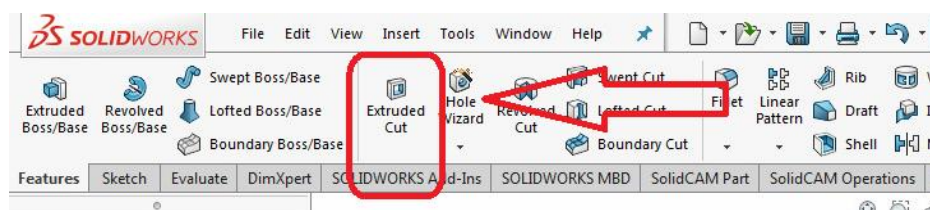


Slika 4.6. Prikaz rada programskom alatu Solidworks



Slika 4.7. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

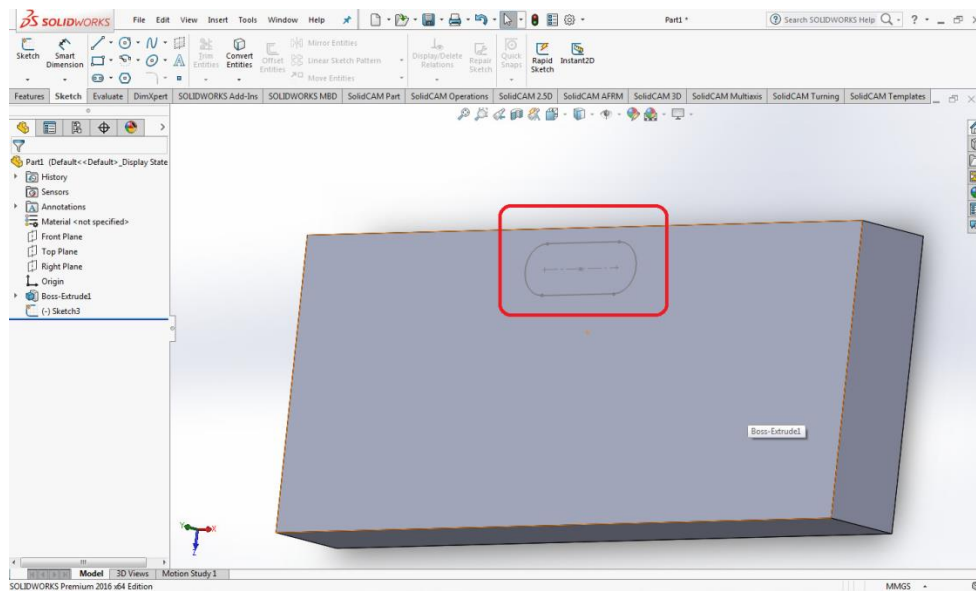
Kada je kvadrat konstruiran (slika 4.7.) dalje se obrađuje. Pomoću već korištene alatne trake „sketch“ crtaju se oblici koje je potrebno „razvlačiti“ ili „izrezivati. Izrezuje se naredbom „extruded cut“ (slika 4.8.)



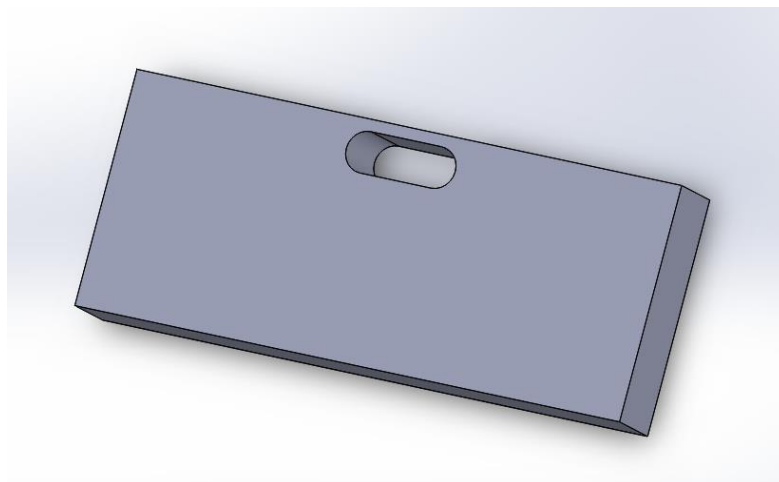
Slika 4.8. Prikaz rada programskom alatu Solidworks



Nakon odabira „sketch“ koji je potrebno „izrezati“ (slika 4.9.) potrebno je zadati dubinu izrezivanja, u ovom slučaju „kroz cijeli komad“ nakon čega je gotovo izrezivanje te je time napravljena rupa tj. upuštenje koje je predviđeno (slike 4.9. i 4.10.).

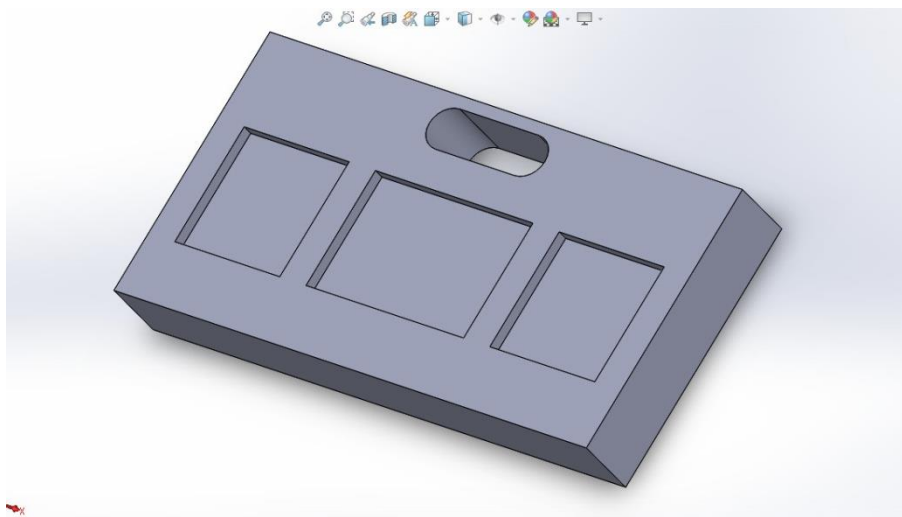


Slika 4.9. Prikaz rada programskom alatu Solidworks



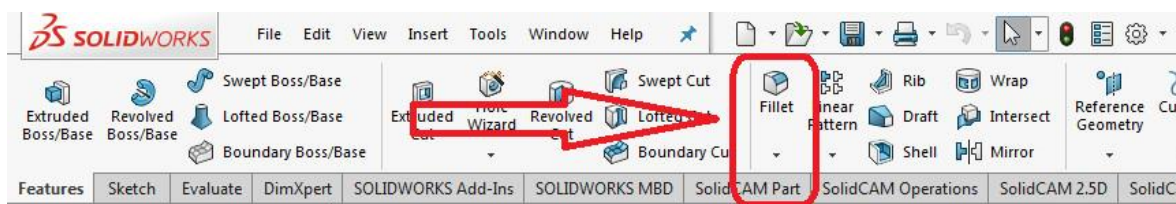
Slika 4.10. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Pomoću istih naredbi u „skechu“ crtaju se oblici kakvi su potrebni, a s naredbom „extrude cut“ izrezuju se na potrebne dubine. Takvim načinom dobivaju se upuštenja prikazana na slici 4.11. i sva ostala upuštenja i rupe.



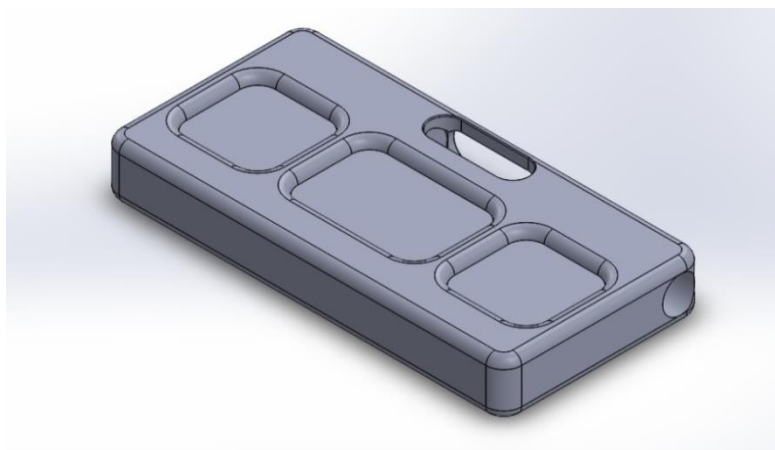
Slika 4.11. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Kada su izbušene sve rupe i konstruiran komad pomoću naredbe „fillet“ prikazane na slici 4.12. potrebno je označiti bridove na kojima su predviđeni radijusi. u postavkama „fileta“ zadaje se radijus.



Slika 4.12. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

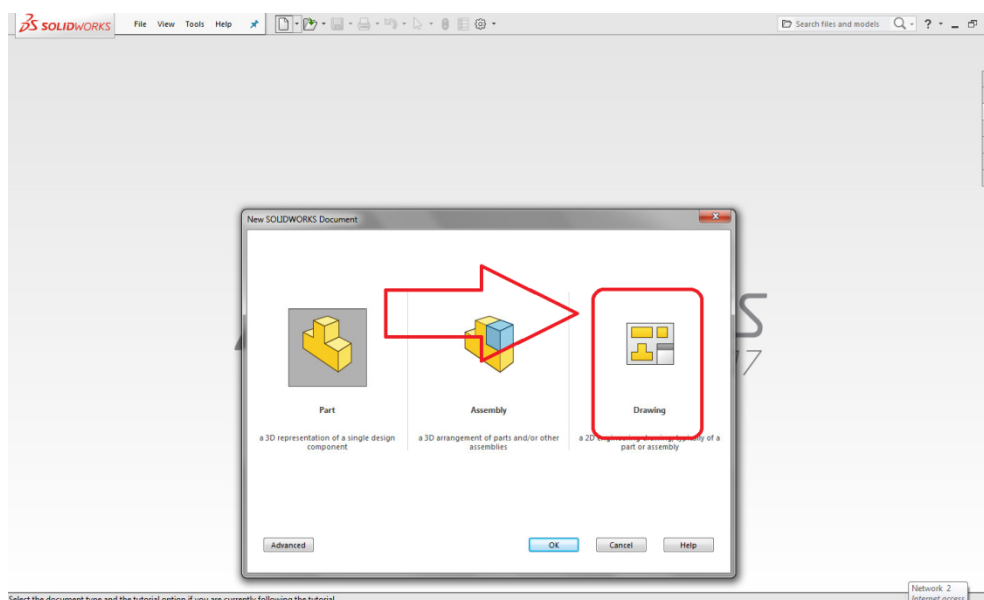
Nakon zaobljenja bridova 3D model je gotov (slika 4.13.). U programskom alatu solidworks postoji mogućnost spremanja modela različitih formata koji se mogu uvesti u razne CAM alate, a i model se može odmah uvesti u programski alat SolidCam. U nastavku je prikazana izrada radioničkog crteža korištenjem postojećeg modela.



Slika 4.13 Izgled gotovog 3D modela

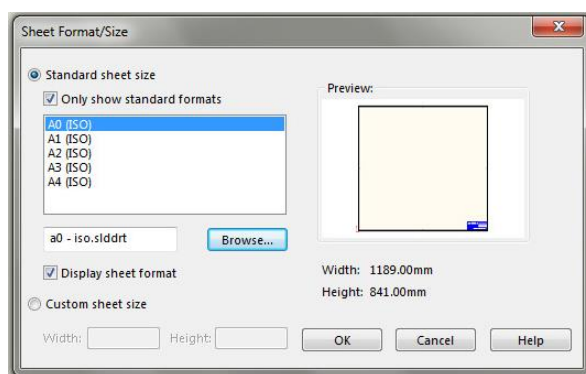
## 4.2 Izrada radioničkog crteža

Prije nego dio krene u izradu porebno je imati radionički crtež. Prema definiciji radionički crtež je: „crtež na kojemu je precizno prikazan i kotiran svaki zasebni dio budućeg proizvoda“[22]. prema radioničkom crtežu operater ili programer piše program pomoću kojega operater na kraju izrađuje zamišljeni dio. U nastavku rada prikazana je izrada radioničkog crteža pomoću CAD alata SolidWorks. Kao i kod izrade „parta“ nakon otvaranja programa odabire se potrebna radnja u ovom slučaju to nije „part“ već radionički crtež, odabirom „drawing“ kako je prikzano na slici 4.14. započinje izrada radioničkog crteža.



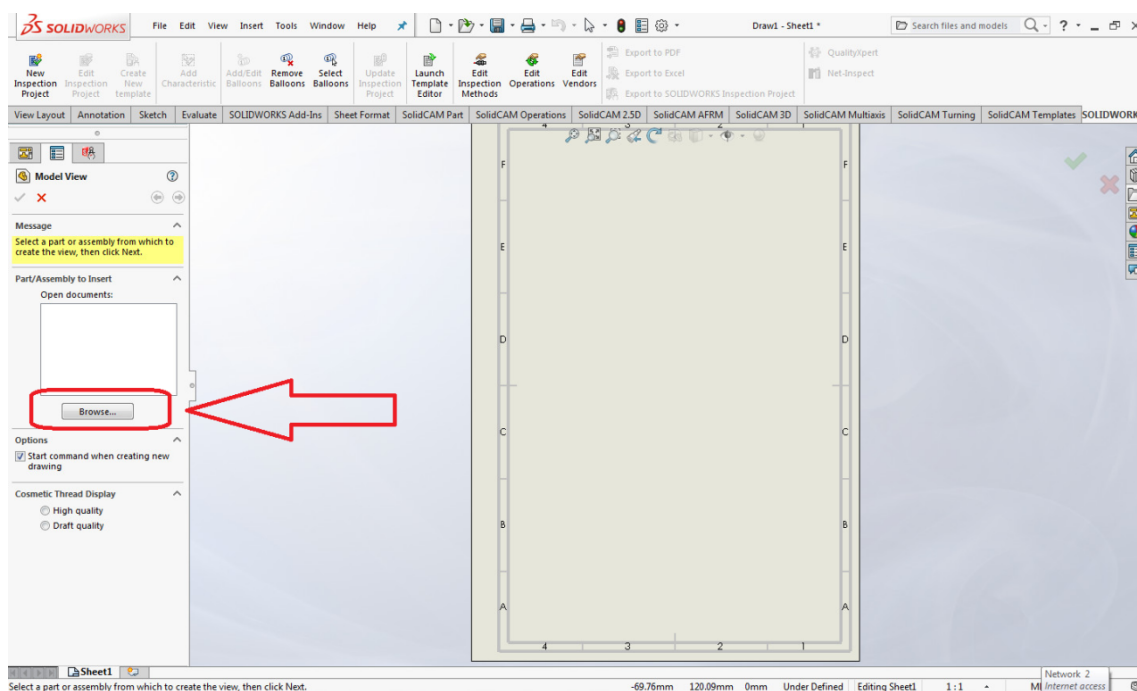
Slika 4.14. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Nakon odabira „draving“ pojavljuje se prozor u kojemu je potrebno odabrati predložak zaglavlja radioničkog crteža i format radioničkog crteža kao što je prikazano na slici 4.15.



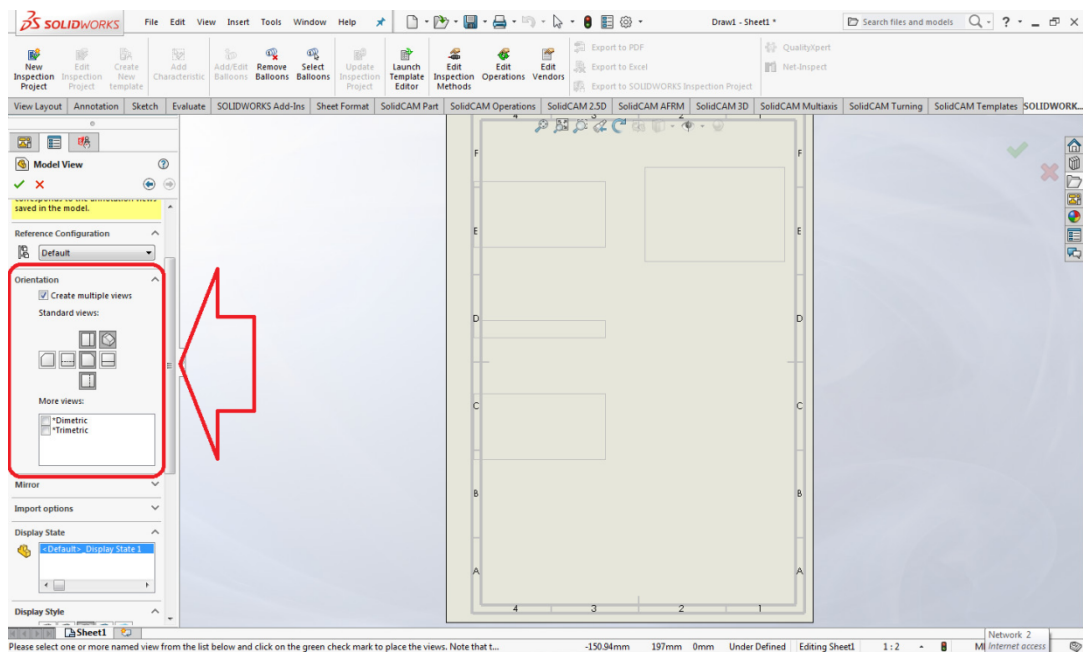
Slika 4.15. Prikaz odabira formata radioničkog crteža

Kada je odabrano zaglavlje i format crteža u program se uvozi model, „part“ koji je potrebno nacrtati. Postupak je prikazan na slici 4.16.

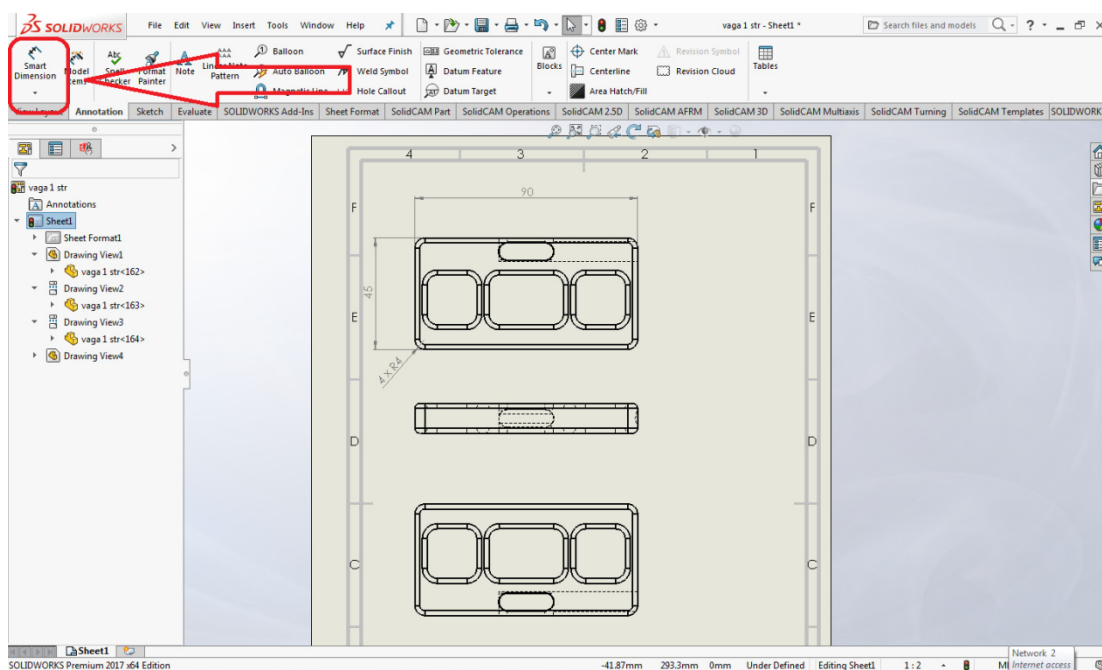


Slika 4.16. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Nakon odabira „parta“ potrebno je definirati izgled crteža, tj. poglede na dio koji crtež prikazuje, nacrt tlocrt i bokocrt. Odabire se onoliko pogleda koliko je potrebno operateru da jasno i pregledno vidi kako treba izgledati gotovi dio i kako ga napraviti (slika 4.17.).

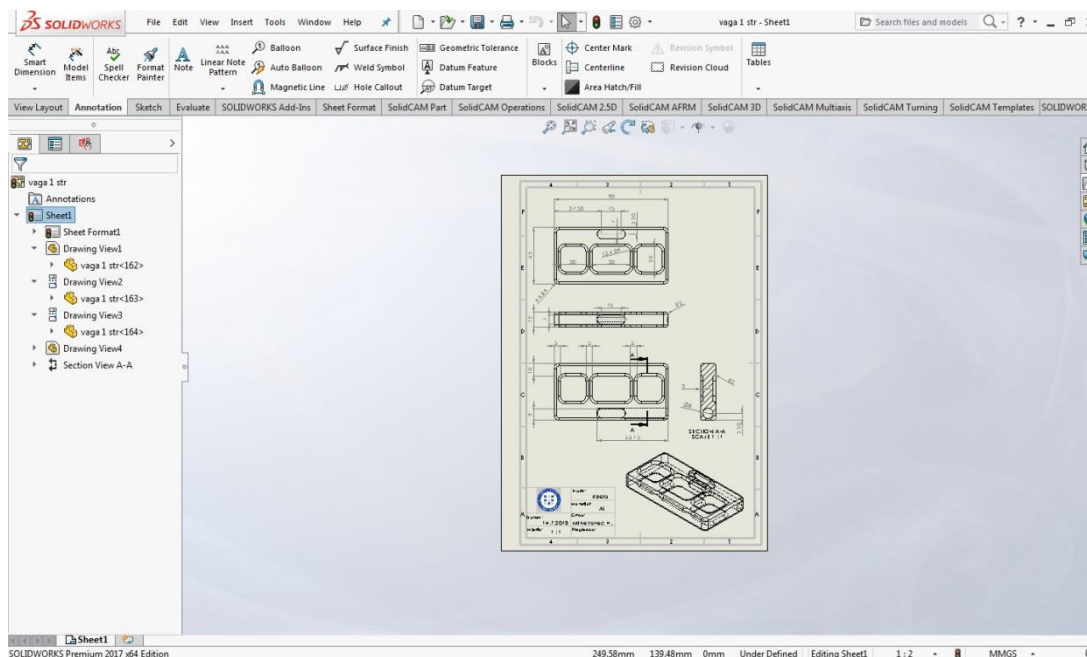


Slika 4.17. Prikaz rada programskom alatu Solidworks



Slika 4.18. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Kada su odabrani pogledi i nakon pozicioniranja istih na crtež potrebno ih je kotirati, to se radi pomoću alata „smart dimension“ označenog na slici 4.18.



Slika 4.19. Prikaz rada programskom alatu Solidworks

Nakon što je radionički crtež gotov moguće je spremiti ga u raznim formatima, a za potrebe izrade u radioni ovaj crtež spremljen je u PDF formatu i isprintan te izrađen. Crtež je priložen i na kraju rada.

## 4.3 Izrada

Dio koji je modeliran i nacrtan izrađen je u tvrtci ONIKS d.o.o. u Gornjem Dragancu. U nastavku ukratko je opisana tvrtka Oniks, stroj na kojem je dio izrađen i postupak izrade, programiranje u programskom alatu sinutrain.

### 4.3.1 *ONIKS d.o.o*

Prema informacijama dostupnima na službenim stranicama tvrtka ONIKS d.o.o. je osnovana 1991. godine i u 100% privatnom je vlasništvu. Trenutno zapošljava 60 visoko kvalificiranih radnika [23]. Dio koji je nacrtan izrađen je na stroju DMG mori CMX 800 V. Strojni park tvrtke preuzet sa službenih stranica dostupan je u prilogima. Na sljedećoj slici (slika 4.20.) prikazane su karakteristike stroja dostupne na službenim stranicama kompanije DMG MORI.

CMX V Series

# CMX 800 V

The solution-based CMX V - from now on with direct measuring system in X-Axis in standard

Max. X travels	800 mm
Max. Y travels	560 mm
Max. Z travels	510 mm
Max. table load	800 kg
Table length	1,100 mm
Table width	560 mm

Control & software alternatives

SIEMENS

HEIDENHAIN

MAPPS

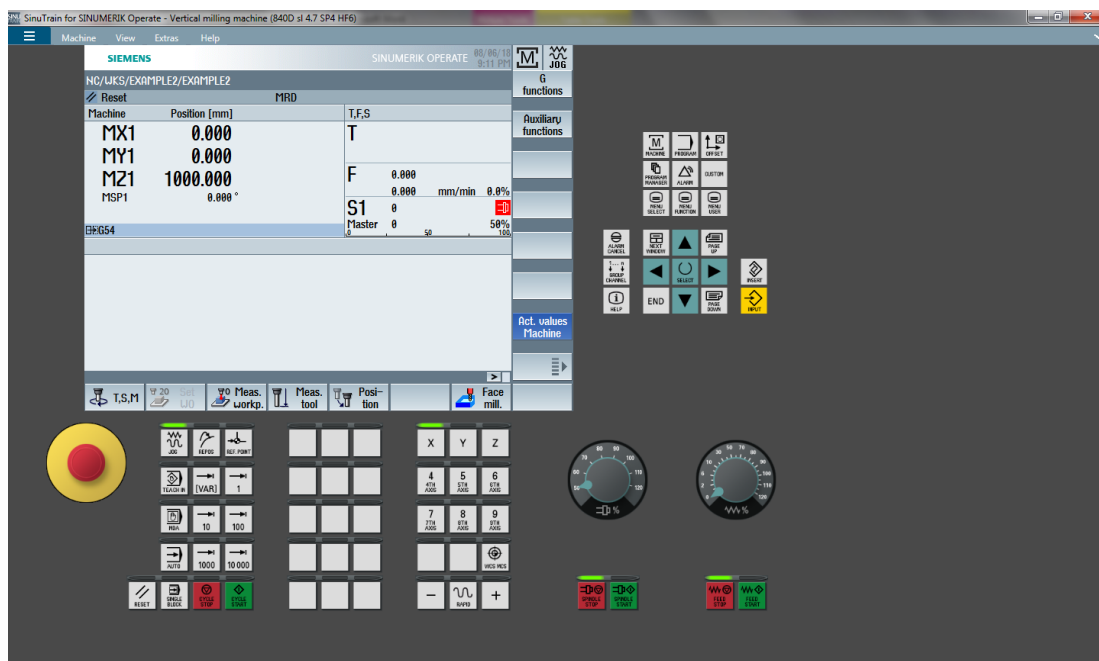
Slika 4.20. Karakteristike stroja DMG mori CMX 800 V [24]

Upravljanje strojem vrši se pomoću Siemensovog softvera sinumerik 840D sl. Da bi se operateru olakšao posao programiranja na upravljačkoj napravi stroja postoji program Shopmill. U tom programu na jednostavan način programira upravljanje strojem da bi se izradio željeni dio. Osim programa Shopmill postoji i program SinuTrain dostupan za besplatno preuzimanje na Siemensovim službenim web stranicama. Program SinuTrain je kompjutorska simulacija upravljačke naprave stroja. Pomoću SinuTraina na računalu moguće je programirati identično kao i na upravljačkoj napravi stroja, također može se generirati kod i pomoću računala upravljati strojem.

#### 4.3.2 Programiranje 3-osne glodalice u Shopmill-u

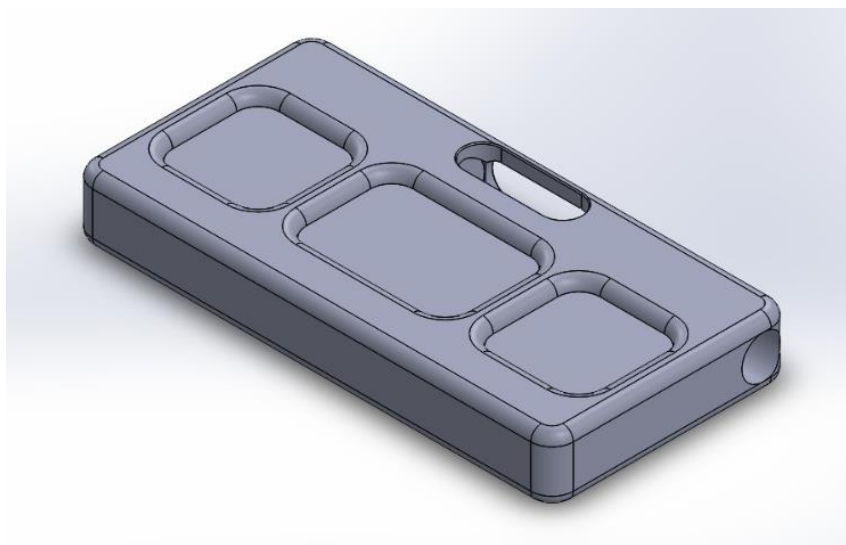
Radi praktičnosti grafičkog prikaza onog što je u realnosti isprogramirano na upravljačkoj napravi stroja napravljeno je identično i u programu SinuTrain, na slici 4.21. prikazana je kompjutorska simulacija upravljačke naprave stroja.





Slika 4.21. Prikaz simulacije upravljačke naprave na računalu

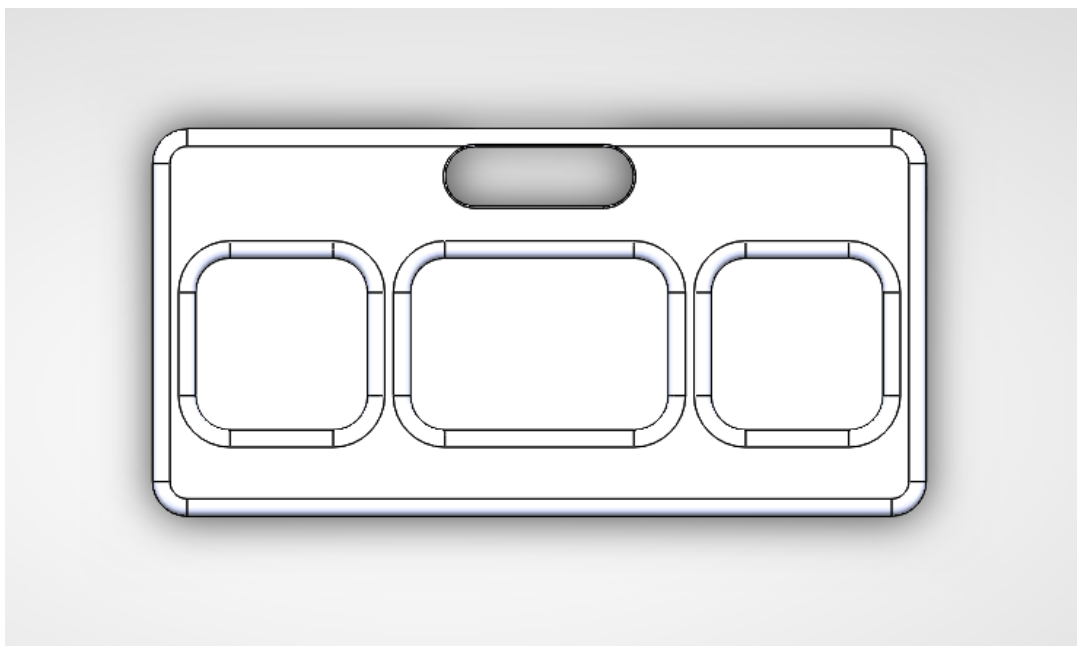
Na slici 4.22. prikazan je 3D model „libela“ koji je potrebno izraditi.



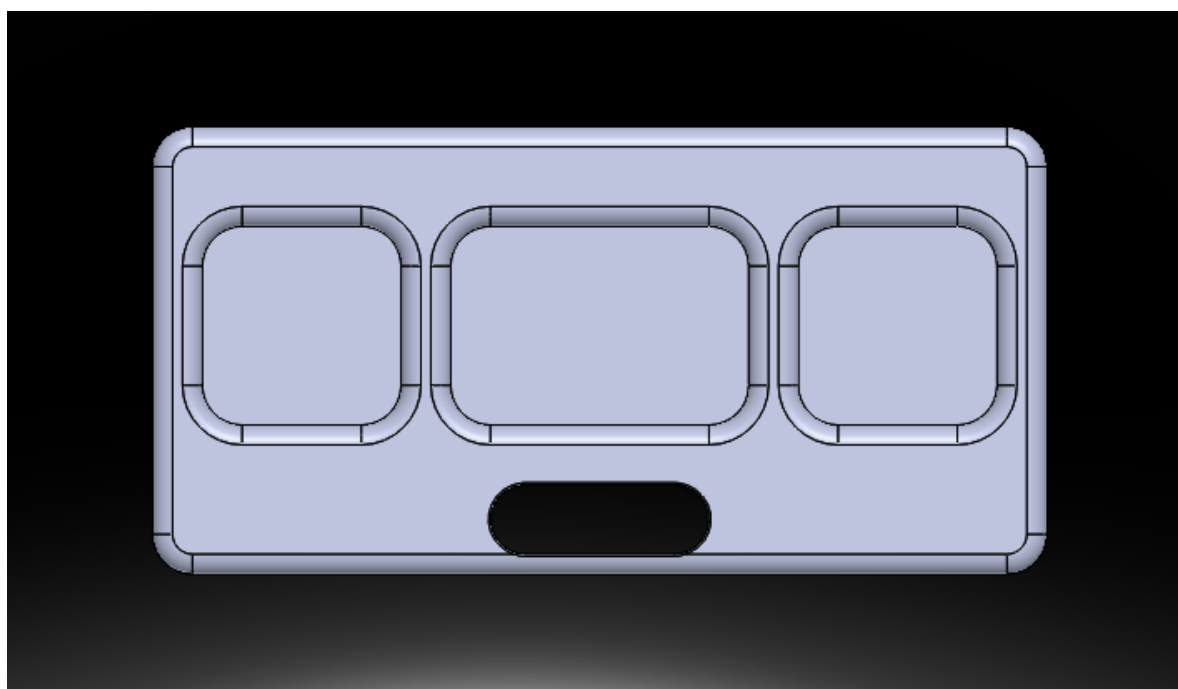
Slika 4.22. 3D model „libela“

Da bi dio bio potpuno gotov zbog mehaničke ograničenosti (3 osni stroj) potrebna su 4 stezanja i 4 programa. U prvom stezanju radi se vanjska kontura, upuštenja i bridovi, tj. „pogled 1“ prikazan na slici 4.23. U drugom stezanju radi se debljina, tj. izglodavanje viška materijala, upuštenja i bridovi (slika 4.24.).



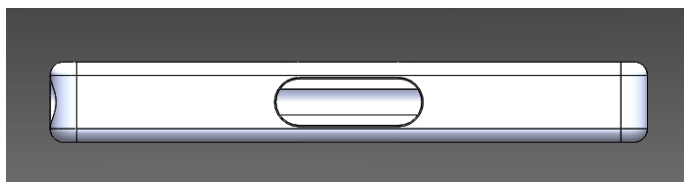


Slika 4.23. „Pogled 1“ (gornji pogled na obratak kod prvog stezanja)



Slika 4.24. Gornji pogled na obratak kod drugog stezanja

Treće stezanje sastoji se samo od glodanja „bočnog upuštenja“ (slika 4.25.), a u četvrtom samo bušenje rupe. (slika 4.26.)




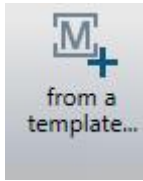
Slika 4.25. Gornji pogled na obratak kod trećeg stezanja



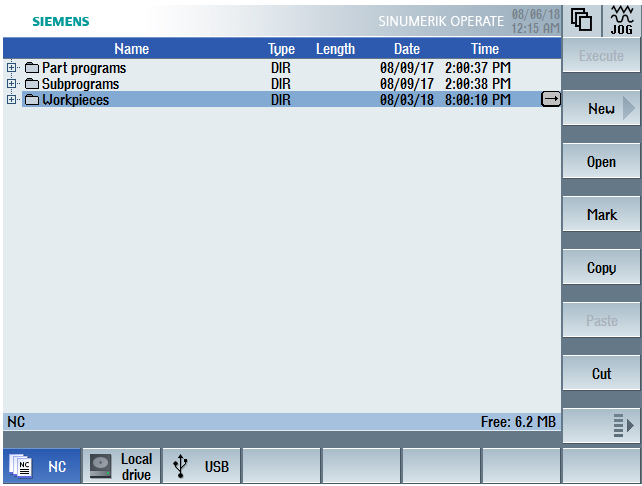




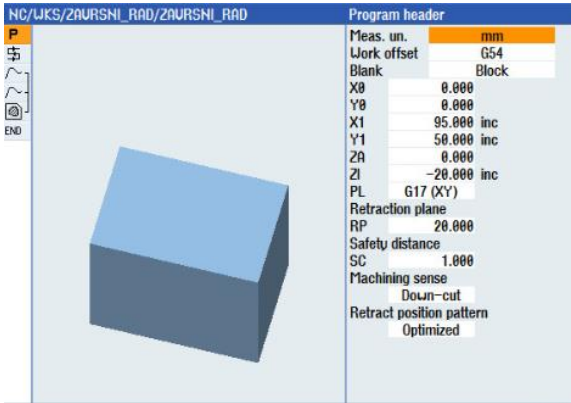
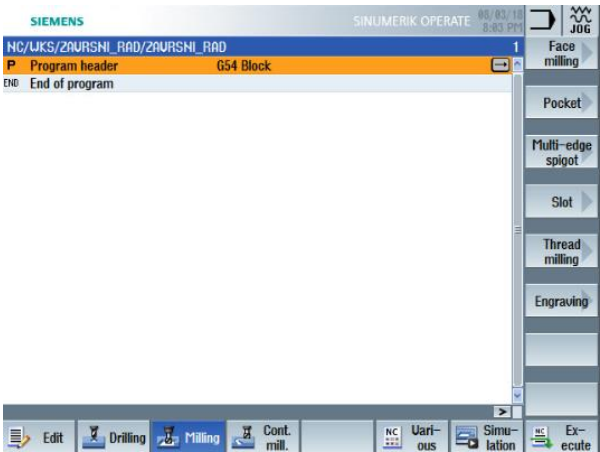

Slika 4.26. Gornji pogled na obratak kod četvrtog stezanja


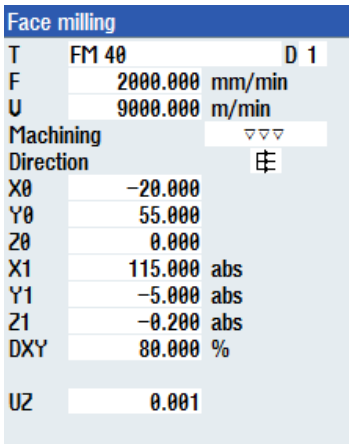

U nastavku je opisano programiranje prve faze, tj. programiranje pogleda 1 u tablici 1.

Tablica 4.1. Prikaz programiranja 3-osne obrade

<p>1. Pokretanje programa odabirom prečaca na radnoj površini.</p>	
<p>2. Nakon otvaranja programa potrebno je odabrati koncept stroja čiju je upravljačku napravu potrebno simulirati. U demo verziji programa dostupnoj na internetu zadani su primjeri koncepta strojeva odabir se vrši klikom na ikonu „from template“</p>	

<p>3. Dio koji je prethodno nacrtan napravljen je na stroju DMG mori CMX 80 V, to je vertikalna 3 osna glodalica, prema tome odabran je i takav stroj u programu.</p>	
<p>4. Nakon odabira stroja pojavljuje se simulacija upravljačke naprave kakva je prikazana na slici 3. 21. Pomoću ikone „program menager“ otvara se zaslon s folderima.</p>	
<p>5. Na zaslonu s folderima odabire se lokaciju gdje će biti spremljen novi program, a moguće je i otvoriti već gotovi program.</p>	
<p>6. Novi program kreira se klikom na ikonu „new“</p>	

<p>7. Nakon odabira izrade novog programa potrebno je odabrati način na koji će se program pisati, postoji mogućnost pisanja u G kodu i u ShopMill-u, u ovom slučaju odabran je način pisanja u Shopmillu.</p>																																			
<p>8. Kada se odabere način pisanja programa u shopmillu potrebno je definirati blok, tj. izgled obratka prije obrade.</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Program header</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Meas. un.</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Work offset</td> <td>G54</td> </tr> <tr> <td>Blank</td> <td>Block</td> </tr> <tr> <td>X0</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Y0</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>X1</td> <td>95.000 inc</td> </tr> <tr> <td>Y1</td> <td>50.000 inc</td> </tr> <tr> <td>Z0</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>Z1</td> <td>-20.000 inc</td> </tr> <tr> <td>PL</td> <td>G17 (XY)</td> </tr> <tr> <td>Retraction plane</td> <td></td> </tr> <tr> <td>RP</td> <td>20.000</td> </tr> <tr> <td>Safety distance</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SC</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>Machining sense</td> <td>Down-cut</td> </tr> <tr> <td>Retract position pattern</td> <td>Optimized</td> </tr> </tbody> </table>	Program header		Meas. un.	mm	Work offset	G54	Blank	Block	X0	0.000	Y0	0.000	X1	95.000 inc	Y1	50.000 inc	Z0	0.000	Z1	-20.000 inc	PL	G17 (XY)	Retraction plane		RP	20.000	Safety distance		SC	1.000	Machining sense	Down-cut	Retract position pattern	Optimized
Program header																																			
Meas. un.	mm																																		
Work offset	G54																																		
Blank	Block																																		
X0	0.000																																		
Y0	0.000																																		
X1	95.000 inc																																		
Y1	50.000 inc																																		
Z0	0.000																																		
Z1	-20.000 inc																																		
PL	G17 (XY)																																		
Retraction plane																																			
RP	20.000																																		
Safety distance																																			
SC	1.000																																		
Machining sense	Down-cut																																		
Retract position pattern	Optimized																																		
<p>9. Izgled zaslona nakon definiranja bloka.</p>																																			
<p>10. Odabirom ikone „milling“ na desnoj strani zaslona pojavljuju se razne mogućnosti glodanja.</p>																																			

<p>11. U ovom slučaju odabrano je glodanje naličja tj. „face milling“.</p>	
<p>12. Definiranje putanje glodala i režima glodanja.</p>	
<p>13. U gornjem desnom uglu zaslona pojavljuje se ikona za odabir alata, „select tool“.</p>	

14. Nakon odabira ikone „select tool“ pojavljuje se popis alata koji su u magazinu stroja. U ovom slučaju odabrana je glodača glava za glodanje naličja promjera 40 mm, skraćeni naziv za taj alat je FM 40 što znači „face mill“, a broj 40 označava promjer glodače glave u mm.

Tool selection MAGAZIN1

Loc.	Type	Tool name	ST	D	Length	⊙
13	M	DRILL_Tool	1	1	110.000	25.000
14	H	THREAD CUTTER	1	1	110.000	20.000
15	H	THREADCUTTER M10	1	1	130.000	10.000
16	U	ROLLNOSE D8	1	1	100.000	8.000
17	M	FM 40	1	1	77.000	40.000
18	M	EM SHAPER 6	1	1	100.000	6.000
19	M	EMF 6	1	1	100.000	6.000
20	U	GL R2	1	1	100.000	4.000
21	M	SENER	1	1	100.000	10.000
22						

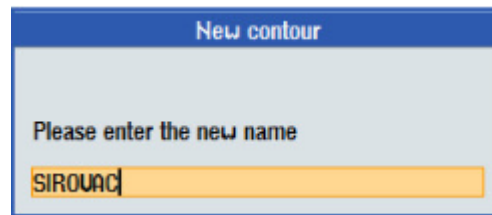
15. Nakon glodanja naličja potrebno je izglati oblik tj. konturu obratka. Odabirom „Cont. mill.“ (eng. contour milling) otvara se više mogućnosti konturnog glodanja.



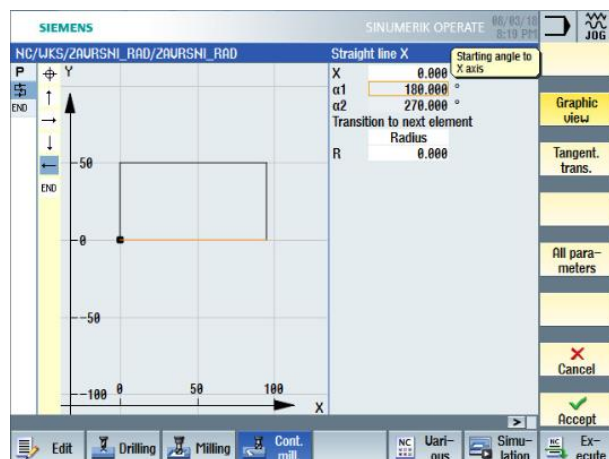
16. Da bi se glodala kontura potrebno je prvo nacrtati kontru.



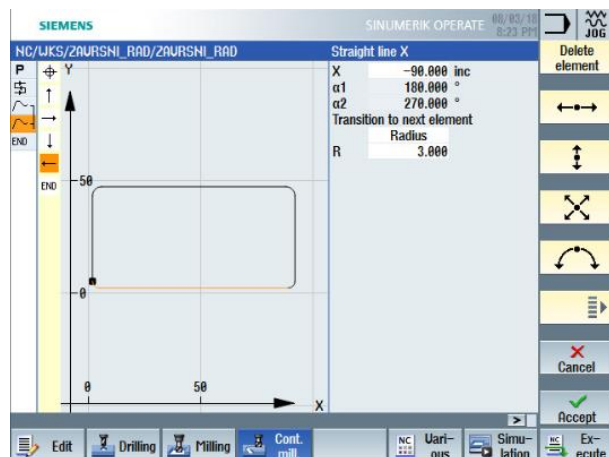
17. Nakon odabira „New contour“ potrebno je dodijeliti ime „konturi“.u ovom slučaju potrebno je nacrtati dvije konture koje se povezuju. Konturu sirovca (materijala koji se obrađuje) i konturu koju je potrebno dobiti tj vanjski oblik obratka, njen naziv bit će „kontura“.



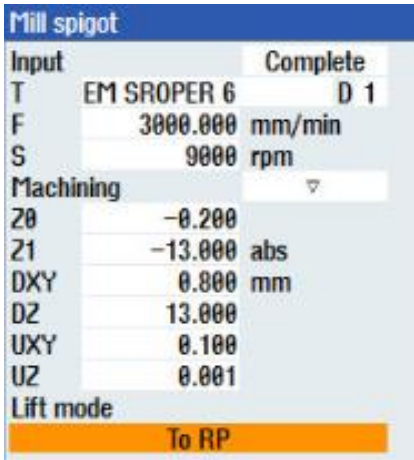
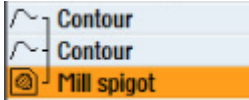


18. Crtanje konture sirovca u ovom slučaju geometrija izradka je jednostavna pa se crta na upravljačkoj napravi stroja, a moguće je uvesti kontru i u DXF formatu s računala.



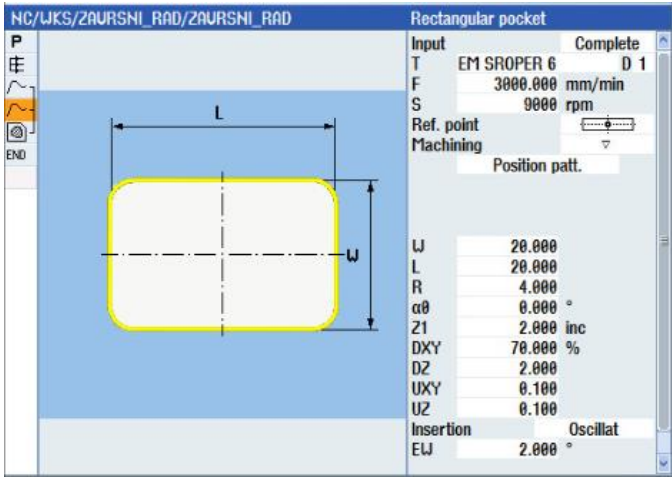



19. Crtanje vanjske konture.

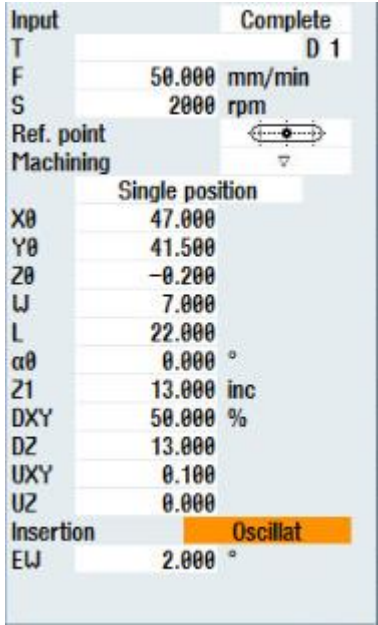



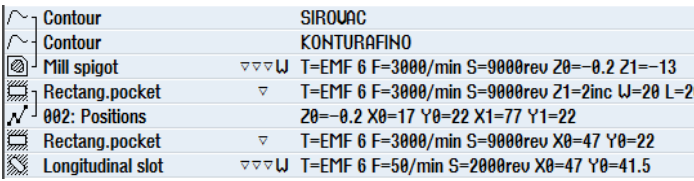
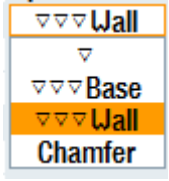
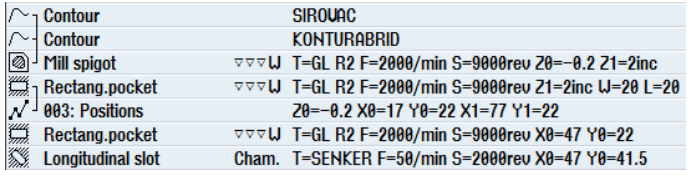
<p>20. Nakon što su nacrtane konture automatski se povezuju.</p>	
<p>21. Odabir načina glodanja „spigot“.</p>	
<p>22. Kod „spigot“ načina glodanja potrebno je imati dvije povezane konture. Prvo se odabre alat i režimi glodanja, nakon čega se odabire način glodanja: grubo, „wall“ ili „chamfer“ u ovom slučaju od sirovca potrebno je dobiti zadanu vanjsku kontruru stoga odabire se grubo glodanje, nakon toga se upisuju ostali parametri.</p>	
<p>23. Povezane konture i „Mill spigot“.</p>	


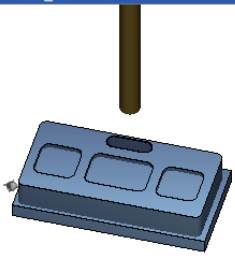





<p>24. Nakon što je napravljena kontruua potrebno je izglodati upuštenja. To se radi pomoću naredbe „pocket“ dostupne nakon odabira „miling“ (redak 10.) .</p>	
<p>25. Odabir vrste upuštenja.</p>	
<p>26. Odabir alata, zadavanje režima i dimenzija upuštenja. U ovom slučaju položaj upuštenja nije zadan odmah prilikom definiranja dimenzija upuštenja zbog toga jer su potrebna dva jednaka upuštenja pa se odabire „position patt.“ tj. zadane kote pozicija upuštenja ili rupa.</p>	
<p>27. S obzirom da kod definiranja upuštenja nije definirana pozicija, to se radi pritiskom na tipku „driling“ i zatim „position“.</p>	

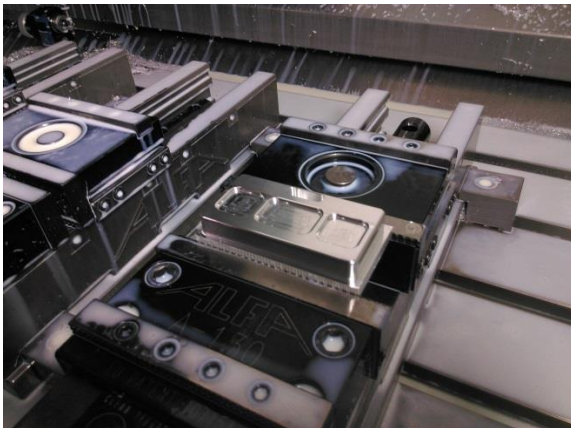
28. Upisivanje pozicija rupa.	<div>Positions</div> <table><tr><td></td><td>Rectangular</td></tr><tr><td>Z0</td><td>-0.200</td></tr><tr><td>X0</td><td>17.000 abs</td></tr><tr><td>Y0</td><td>22.000 abs</td></tr><tr><td>X1</td><td>77.000 abs</td></tr><tr><td>Y1</td><td>22.000 abs</td></tr></table>		Rectangular	Z0	-0.200	X0	17.000 abs	Y0	22.000 abs	X1	77.000 abs	Y1	22.000 abs																																													
	Rectangular																																																									
Z0	-0.200																																																									
X0	17.000 abs																																																									
Y0	22.000 abs																																																									
X1	77.000 abs																																																									
Y1	22.000 abs																																																									
29. Definiranje upuštenja, s obzirom da je samo jedno upuštenje ovakve vrste nije potrebno definirati pozicije zasebno kao u prethodnom koraku već se odabire „single position“ i zadaje se pozicija upuštenja.	<div>Rectangular pocket</div> <div>Input Complete</div> <table><tr><td>T</td><td>EMF 6</td><td>D 1</td></tr><tr><td>F</td><td>3000.000</td><td>mm/min</td></tr><tr><td>S</td><td>9000</td><td>rpm</td></tr><tr><td>Ref. point</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>Machining</td><td colspan="2">Single position</td></tr><tr><td>X0</td><td>47.000</td><td></td></tr><tr><td>Y0</td><td>22.000</td><td></td></tr><tr><td>Z0</td><td>-0.200</td><td></td></tr><tr><td>W</td><td>20.000</td><td></td></tr><tr><td>L</td><td>30.000</td><td></td></tr><tr><td>R</td><td>4.000</td><td></td></tr><tr><td>α0</td><td>0.000</td><td>°</td></tr><tr><td>Z1</td><td>2.000</td><td>inc</td></tr><tr><td>DX Y</td><td>70.000</td><td>%</td></tr><tr><td>DZ</td><td>2.000</td><td></td></tr><tr><td>UX Y</td><td>0.000</td><td></td></tr><tr><td>UZ</td><td>0.000</td><td></td></tr><tr><td>Insertion</td><td colspan="2">Vertical</td></tr><tr><td>FZ</td><td>1000.000</td><td>mm/min</td></tr></table>	T	EMF 6	D 1	F	3000.000	mm/min	S	9000	rpm	Ref. point			Machining	Single position		X0	47.000		Y0	22.000		Z0	-0.200		W	20.000		L	30.000		R	4.000		α0	0.000	°	Z1	2.000	inc	DX Y	70.000	%	DZ	2.000		UX Y	0.000		UZ	0.000		Insertion	Vertical		FZ	1000.000	mm/min
T	EMF 6	D 1																																																								
F	3000.000	mm/min																																																								
S	9000	rpm																																																								
Ref. point																																																										
Machining	Single position																																																									
X0	47.000																																																									
Y0	22.000																																																									
Z0	-0.200																																																									
W	20.000																																																									
L	30.000																																																									
R	4.000																																																									
α0	0.000	°																																																								
Z1	2.000	inc																																																								
DX Y	70.000	%																																																								
DZ	2.000																																																									
UX Y	0.000																																																									
UZ	0.000																																																									
Insertion	Vertical																																																									
FZ	1000.000	mm/min																																																								
30. Odabir „slot“ služi za glodanje upuštenja ovalnog oblika.	<div>Slot</div>																																																									

<p>31. Definiranje slično kao i definiranje prethodnih upuštjenja.</p>																	
<p>32. Svi dosadašnji koraci rađeni su istim alatom „EM SROPER 6“ tj. glodalom za grubo glodanje promjera 6 mm. S obzirom da oblik konture ostaje isti uz pomoć naredbi copy i paste moguće je kopirati sve radnje i promjeniti samo nekoliko stavki.</p>																	
<p>33. Sadašnji program za grubo glodanje.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SIROUAC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contour</td> <td>KONTURA</td> </tr> <tr> <td>Contour</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mill spigot</td> <td>▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2</td> </tr> <tr> <td>Rectang.pocket</td> <td>▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc</td> </tr> <tr> <td>001: Positions</td> <td>Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22</td> </tr> <tr> <td>Rectang.pocket</td> <td>▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47</td> </tr> <tr> <td>Longitudinal slot</td> <td>▽ F=50/min S=2000rev X0=47 Y0=41.5 Z0=-0.2</td> </tr> </tbody> </table>		SIROUAC	Contour	KONTURA	Contour		Mill spigot	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2	Rectang.pocket	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc	001: Positions	Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22	Rectang.pocket	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47	Longitudinal slot	▽ F=50/min S=2000rev X0=47 Y0=41.5 Z0=-0.2
	SIROUAC																
Contour	KONTURA																
Contour																	
Mill spigot	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2																
Rectang.pocket	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc																
001: Positions	Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22																
Rectang.pocket	▽ T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47																
Longitudinal slot	▽ F=50/min S=2000rev X0=47 Y0=41.5 Z0=-0.2																

<p>34. Kopirani i izmijenjeni nastavak programa za fino glodanje. Kod kopiranja konture potrebno je ponovno dodijeliti naziv konturama ako će konture biti različite. U ovom slučaju kod konture sirovac nije mijenjan naziv, dok je kod konture „kontrua“ dodano „fino“ radi bolje preglednosti programskih linija. Također vide se i promjene načina glodanja i promjene alata.</p>	
<p>35. Pošto je grubo glodanje gotovo ostalo je samo fino za što se koristi način glodanja „wall“.</p>	
<p>36. Na isti način pomoću naredbi copy i paste kopiramo konturu za glodanje brida u ovom slučaju za skidanje bridova koriste se glodalo s radijusem R2 i senker tj glodalo s kutom 90°</p>	

37. Nakon što je gotovo programiranje pomoću simulacije se provjerava program.	<div><div>Simulation</div><div></div><div><table><tr><td>X</td><td>0.000</td><td>Y</td><td>0.000</td><td>Z</td><td>20.000</td><td></td><td>T</td><td>SENKER</td><td>D1</td></tr><tr><td>END</td><td colspan="5">End of program</td><td></td><td>Rapid trav</td><td>100%</td><td>00:05:54</td></tr></table></div></div>	X	0.000	Y	0.000	Z	20.000		T	SENKER	D1	END	End of program						Rapid trav	100%	00:05:54																													
X	0.000	Y	0.000	Z	20.000		T	SENKER	D1																																									
END	End of program						Rapid trav	100%	00:05:54																																									
38. Nakon što je program napisan i provjeren pritiskom na „execute“ program se učitava, na zaslonu „machine“ i spreman je za izvršavanje.	<div><div>Execute</div><div><table><tr><td colspan="2">Reset</td><td colspan="2">MRD</td></tr><tr><td>Machine</td><td>Position [mm]</td><td colspan="2">T,F,S</td></tr><tr><td>MX1</td><td>0.000</td><td colspan="2">T</td></tr><tr><td>MY1</td><td>0.000</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>MZ1</td><td>1000.000</td><td colspan="2">F 0.000</td></tr><tr><td>MSP1</td><td>0.000 °</td><td colspan="2">0.000 mm/min 0.0%</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">S1 0</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Master 0 50 50% 100%</td></tr></table><div>BP G54</div><div><div>NC/WKS/ZAURSNI_RAD/ZAURSNI_RAD</div><table><tr><td>P</td><td>Program header</td><td>G54 Block</td></tr><tr><td>Face milling</td><td>T=FM1 40 F=2000/min U=9000m X0=-20 Y0=55 Z0=0</td></tr><tr><td>Contour</td><td>SIROUAC</td></tr><tr><td>Contour</td><td>KONTURA</td></tr><tr><td>Mill spigot</td><td>T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2</td></tr><tr><td>Rectang.pocket</td><td>T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc</td></tr><tr><td>001: Positions</td><td>Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22</td></tr><tr><td>Rectang.pocket</td><td>T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47</td></tr></table></div></div></div>	Reset		MRD		Machine	Position [mm]	T,F,S		MX1	0.000	T		MY1	0.000			MZ1	1000.000	F 0.000		MSP1	0.000 °	0.000 mm/min 0.0%				S1 0				Master 0 50 50% 100%		P	Program header	G54 Block	Face milling	T=FM1 40 F=2000/min U=9000m X0=-20 Y0=55 Z0=0	Contour	SIROUAC	Contour	KONTURA	Mill spigot	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2	Rectang.pocket	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc	001: Positions	Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22	Rectang.pocket	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47
Reset		MRD																																																
Machine	Position [mm]	T,F,S																																																
MX1	0.000	T																																																
MY1	0.000																																																	
MZ1	1000.000	F 0.000																																																
MSP1	0.000 °	0.000 mm/min 0.0%																																																
		S1 0																																																
		Master 0 50 50% 100%																																																
P	Program header	G54 Block																																																
Face milling	T=FM1 40 F=2000/min U=9000m X0=-20 Y0=55 Z0=0																																																	
Contour	SIROUAC																																																	
Contour	KONTURA																																																	
Mill spigot	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z0=-0.2																																																	
Rectang.pocket	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev Z1=2inc																																																	
001: Positions	Z0=-0.2 X0=17 Y0=22 X1=77 Y1=22																																																	
Rectang.pocket	T=EM SROPER 6 F=3000/min S=9000rev X0=47																																																	
39. Kada je sirovac stegnut u škripac unutar stroja pomoću mjerne probe odredimo nule X, Y i Z.	<div><div>Meas. workp.</div></div>																																																	
40. Nakon zadanih nula tipkom „cycle start“ pokrece se program.	<div><div></div></div>																																																	

41. Kada se program pušta prvi put potrebno je biti oprezan stoga pomoću ova dva potenciometra moguće je smanjivanje ili povećavanje brzine radnog i brzog pomaka prateći parametre na zaslonu stroja i uspoređujući s onim što stroj u realnosti radi.



Slika 4.27. Obradak tokom izrade






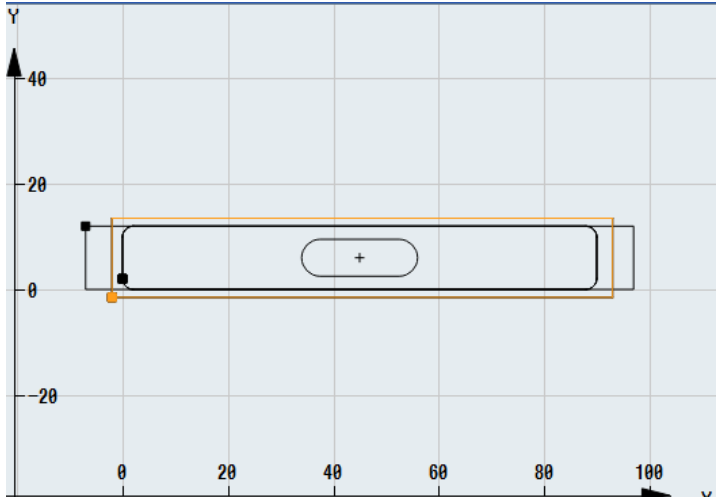
Slika 4.28. Gotov proizvod

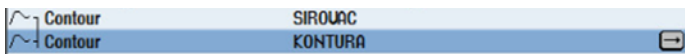

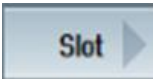

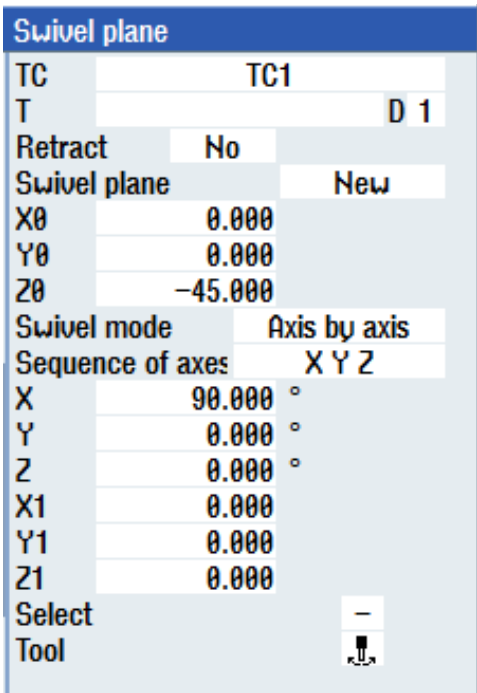
Na slici 4.27. prikazan je obradak nakon završetka glodanja prve faze. Nakon toga slijedila je obrada ostale tri faze da bi dio dobio konačan zadani oblik. Gotovi proizvod prikazan je na slici 4.28. U nastavku slijedi opis programiranja istog dijela ali na 3+2 način glodanja.

### 4.3.3 Programiranje 5-osne glodalice u SinuTrain-u


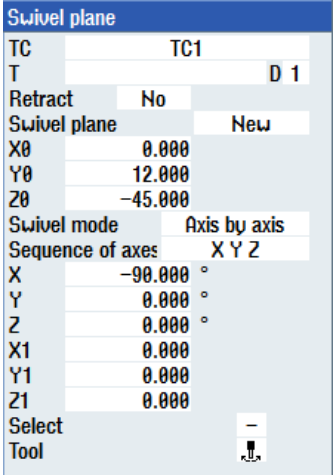

Programiranje 5-osnog stroja, u SinuTrain-u slično je programiranju 3-osnog stroja, jedina promjena je tehnologija izrade zbog mogućnosti zakretanja koordinatnog sustava. Zbog toga u jednom stezanju moguće je napraviti više faza obrade tj. alat ima pristup obratku sa više strana.

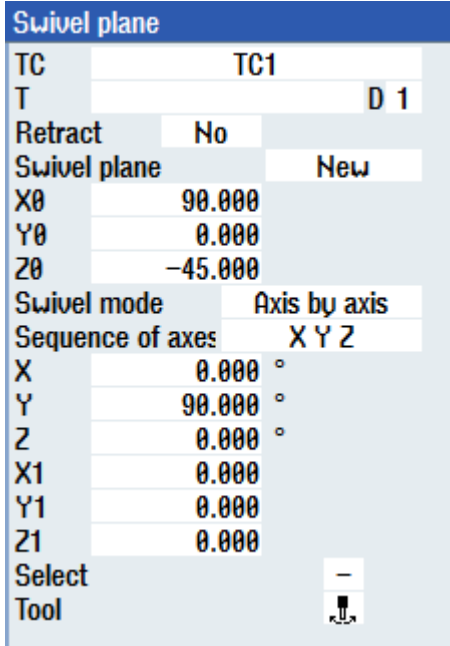

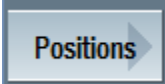
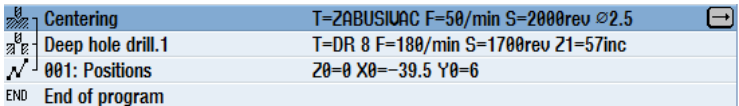
Tabela 4.2. Prikaz programiranja 5-osne obrade


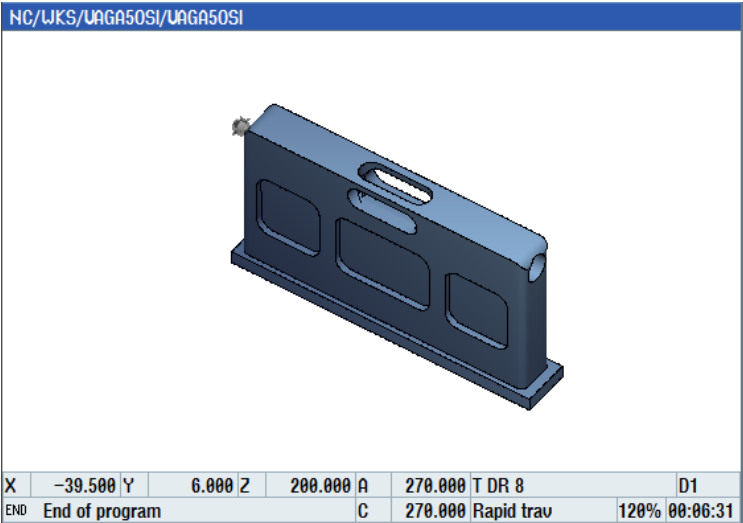
<p>1. U ovom slučaju odabrana je 5 osna glodalica sa zakretnim stolom.</p>	
<p>2. Klikom na „New“ stvara se novi program.</p>	
<p>3. Glodanje naličja, tj gornje plohe rađeno je glodačom glavom 40mm pomoću naredbe „Face milling“.</p>	
<p>4. Crtanje konture sirovca i konture gotovog dijela.</p>	

5. Nakon što su nacrtane konture automatski se povezuju.	
6. Glodalom za grubo glodanje promjera 6 mm uz pomoć naredbe „spigot“ napravljeno je glubo glodanje.	
7. Naredbom „slot“ definira se glodanje ovalnog upuštenja.	
8. Naredbom „Swivel plane“ zakreće se koordinatni sustav.	
9. Nakon definiranja točke oko koje se koordinatni sustav zakreće (u ovom slučaju ona se nalazi na -45 mm po z-osi) potrebno je zadati kut zakretanja i u kojem smjeru se koordinatni sustav zakreće (oko X osi za 90°).	



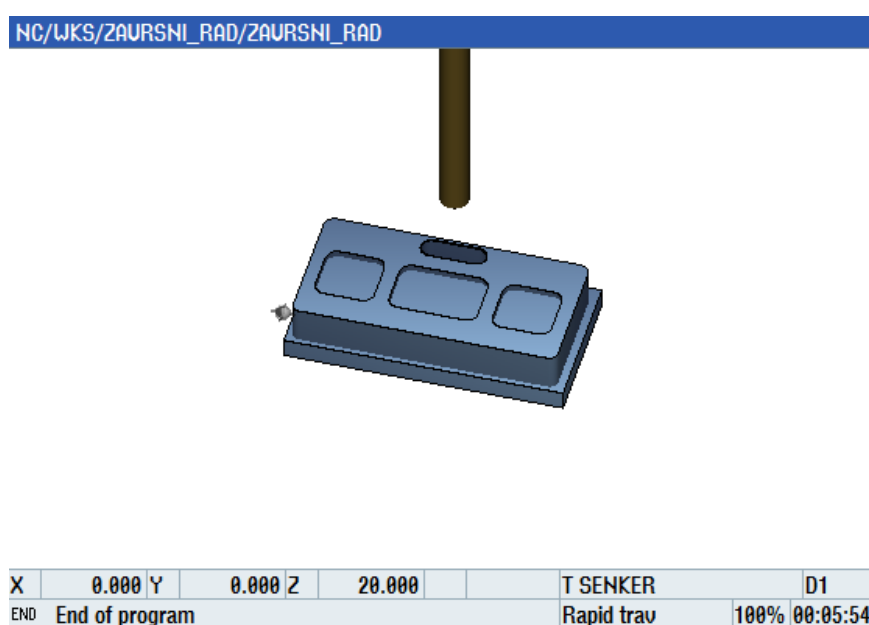
<p>10. Nakon što je koordinatni sustav zakrenut nastavlja se programiranje isto kao i za 3-osno glodanje, tako u ovom slučaju pomoću naredbe slot na bočnoj strani obratka izglodavaju se upuštenja pomoću naredbe slot.</p>	
<p>11. Ponovo zakretanje koordinatnog sustava u ovom slučaju točka oko koje je koordinatni sustav zakrenut nalazi se po Y osi na 12mm a po Z osi na -45mm i zakrenut je za 90° u minus.</p>	
<p>12. S obzirom da su upuštenja s obadvije strane jednaka pomoću naredbi „copy“ i „paste“ ciklusi za izglodavanje šliceva kopirani su nakon zakretanja. S obzirom da konture, šlicevi i zakretanja ostaju jednaki pomoću tih naredbi kopiran je cijeli program nakon čega je promjenjen način glodanja na fino „wall“ i promjenjen je alat, tako sada glodalo za fino glodanje promjera 6 mm završava obradak.</p>	

<p>13. Zakretanje koordinatnog sustava za bušenje bočne rupe.</p>	
<p>14. Odabirom naredbi „Drilling“, „Centering“ i „Deep hole drilling“ najprije se radi predrupa tj. zabušivanje koje služi za centriranje svrdla kod početka bušenja. Zatim sljedi bušenje koje je definirano s naredbom „deep hole drilling“.</p>	
<p>15. Nakon definiranja bušenja pomoću naredbe „position“ određuje se mjesto bušenja.</p>	
<p>16. Ciklusi za zabušivanje i centriranje povezani naredbom „Position“ i kraj programa.</p>	

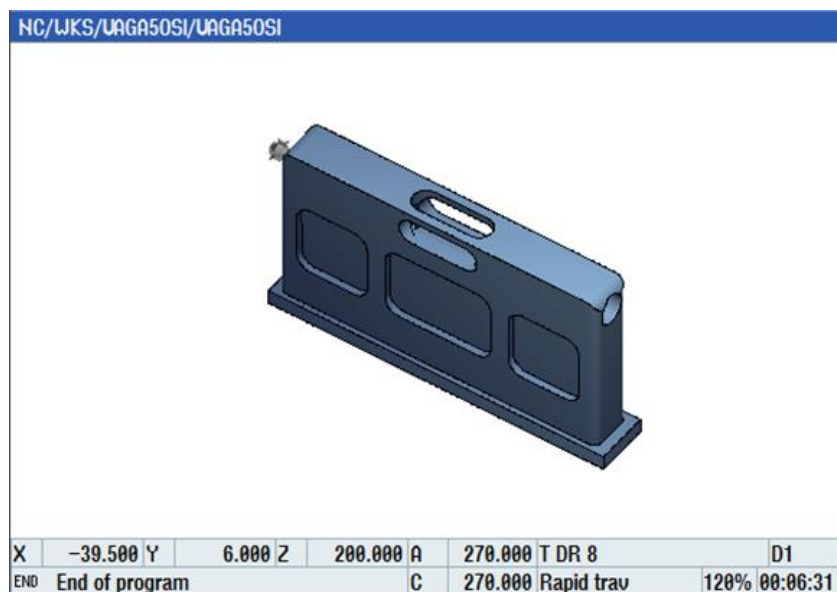
17. Odabirom „simulation“ pokreće se simulacija pomoću koje se provjerava program.	
18. Izgled gotovog obratka u simulaciji.	

#### 4.4 Usporedba 3-osnog i 3+2 5-osnog načina glodanja

Na temelju izrade dijela klasičnim 3-osnim načinom i izradom simulacije 3+2 5-osnog načina glodanja napravljena je usporedba izrade istog dijela na 3 osnom i 5 osnom stroju prikazana u tablici 3. i tablici 4. Priprema obratka obuhvaća vrijeme pripreme sirovca, stezanja u škripac i „tangiranje“ tj. definiranje radnih nula stroju. Na slikama 4.29. i 4.30. koje prikazuju izgled simulacije programa, u donjem desnom uglu prikazano je vrijeme trajanja programa, tj. vrijeme obrade.



Slika 4.29 Simulacija programa za 3-osni stroj



Slika 4.30 Simulacija programa za 5-osni stroj

Tablica 3. vrijeme izrade na 3 osnom stroju.

	Pisanje prog.	Priprema obratka	Rad stroja	Ukupno vrijeme
1. stezanje	15 min	7 min	6min	28 min
2. stezanje	10 min	7 min	7 min	24 min
3. stezanje	7 min	7 min	5 min	19 min
4. stezanje	5 min	7 min	3 min	15 min
			UKUPNO:	1 h 26 min

Tablica 4. vrijeme izrade na 5 osnom stroju.

	Pisanje prog.	Priprema obratka	Rad stroja	Ukupno vrijeme
1. stezanje	20 min	7 min	7 min	34 min
2. stezanje	8 min	7 min	4 min	19 min
			UKUPNO:	53 min

Vremenska razlika u izradi je 33 min. Najviše vremena se potroši na pripremu izrade. Prema tome može se zaključiti da rad na 5 osnom stroju u usporedbi s 3 osnim smanjuje fizički posao operatera, pripreme, stezanja i definiranja radne točke stroja. Ali povećava se količina umnog rada. Sada operater mora u jednom programu i stezanju napisati program koji će napraviti isto ono što i više jednostavnijih programa prije. Ovakav rad na 5 osnim strojevima isplativ je posebno u poslovima gdje se traže velike serije tj veliki broj komada.

A posebno je koristan kada treba raditi visokotolerirane dijelove gdje se traže precizni odnosi rupa, paralela i kutnosti ploha.

## **5. Zaključak**

Iako u današnje vrijeme glodanje izgleda jednostavnije nego prije to je samo naizgled jer je potrebno puno predznanja da bi se moglo konstruirati, programirati, definirati alate, postaviti sve parametre i režime te uskladiti stroj s računalom. Prema tome zaključno je da uz više intelektualnog rada možemo smanjiti fizički rad, npr. broj stezanja komada smanjuje se što je pogodno za serijsku, a i pojedinačnu proizvodnju. Rad je na kratak i sažet način pokušao uputiti u osnove CNC glodanja, proizvodnju, tehnologiju izrade i osnove obrade materijala glodanjem.



## 6. Literatura

- [1] Požar H. Tehnička enciklopedija. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod „Miroslav Krleža“; 1988. Sv. 11 Pov-Sap, str. 16.
- [2] <http://www.oniks.hr>
- [3], [4] Čakić Z. Završni rad, Karlovac 2016.: Alati za glodanje
- [5] [http://www.strojotecnika.hr/wp-content/uploads/2010/12/miller\\_01.jpg](http://www.strojotecnika.hr/wp-content/uploads/2010/12/miller_01.jpg)
- [6] [http://www.hr.betoolfra.com/Content/File\\_Img/S\\_Product/2016-0621/201606211317218191414.jpg](http://www.hr.betoolfra.com/Content/File_Img/S_Product/2016-0621/201606211317218191414.jpg)
- [7] <https://www.trgo-agencija.hr/media/catalog/category/ALA.RUC.MET.GLO.jpg>
- [8] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/glodaca-glava-t2090-pl-020.09-ld19-z3-w>
- [9] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Obrada\\_metala](https://hr.wikipedia.org/wiki/Obrada_metala)
- [10] <https://en.dmgmori.com/products/machines/milling/5-axis-milling/cmx-u/cmx-70-u>
- [11], [12] Blažević Z. : Skripta, PROGRAMIRANJE CNC TOKARILICE I GLODALICE
- [13] <https://metal-kovis.hr/shop/cijena/glodalica-prvomajska-guk-1-05>
- [14] <https://fi.dmgmori.com/products/machines/milling/vertical-milling/cmx-v/cmx-800-v>
- [15] <https://en.dmgmori.com/products/machines/milling/5-axis-milling/cmx-u/cmx-70-u>
- [16], [17], [18] Pavlic T. : Skripta, Simultano 5-osno glodanje
- [19] <https://i.ytimg.com/vi/1IZXSbIF7OY/maxresdefault.jpg>
- [20] <http://www.hurco.com/en-us/cnc-machine-tools/machining-centers/5-axis-vertical/pages/swivel-head.aspx>
- [21] <https://bs.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- [22] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Tehni%C4%8Dko\\_crtanje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tehni%C4%8Dko_crtanje)
- [23] <http://www.oniks.hr/index.php/o-nama/oniks-d-o-o>
- [24] <https://fi.dmgmori.com/products/machines/milling/vertical-milling/cmx-v/cmx-800-v>



## **7. OZNAKE I KRATICE:**

CAD – Computer Aided Desing

CAM – Computer Aided manufacturing

CNC – Computer Numerical Control

NC – Numerical Control

MIT – Massatussets Institut of Technology

## 8. SAŽETAK

**Naslov:** Simultano 5-osno glodanje

Na kratak način u radu je prikazana obrada materijala glodanjem zatim, na praktičnim primjerima prikazuje osnove rada s CAD/CAM sustavima. Iako je naslov simultano 5-osno glodanje, zbog promjene tijekom kupnje stroja na kojem je zamišljena izrada praktičnog dijela rad se više usmjerio na 3+2 umjesto na simultani 5-osni način glodanja. U radu je opisana izrada dijela „libela“ od ideje do konkretnog proizvoda. Modeliranje i izrada radioničkog crteža napravljeni su u programskom alatu SolidWorks, programiranje izrade izvedeno je na upravljačkoj napravi stroja DMG mori CMX 800 V uz pomoć programskog alata Shopmill, dok je prikaz programiranja i programiranje za 5-osnu obradu izvedeno u programskom alatu SinuTrain. Na kraju rada napravljena je usporedba vremena izrade istog dijela na 3-osnom i 5-osnom stroju čime se rad završava uz zaključak da je 5-osna obrada kraća pa time i isplativija kroz određeno razdoblje.

**Ključne riječi:** Glodanje, 5-osi, CNC, CAD/CAM.

## 9. ABSTRACT

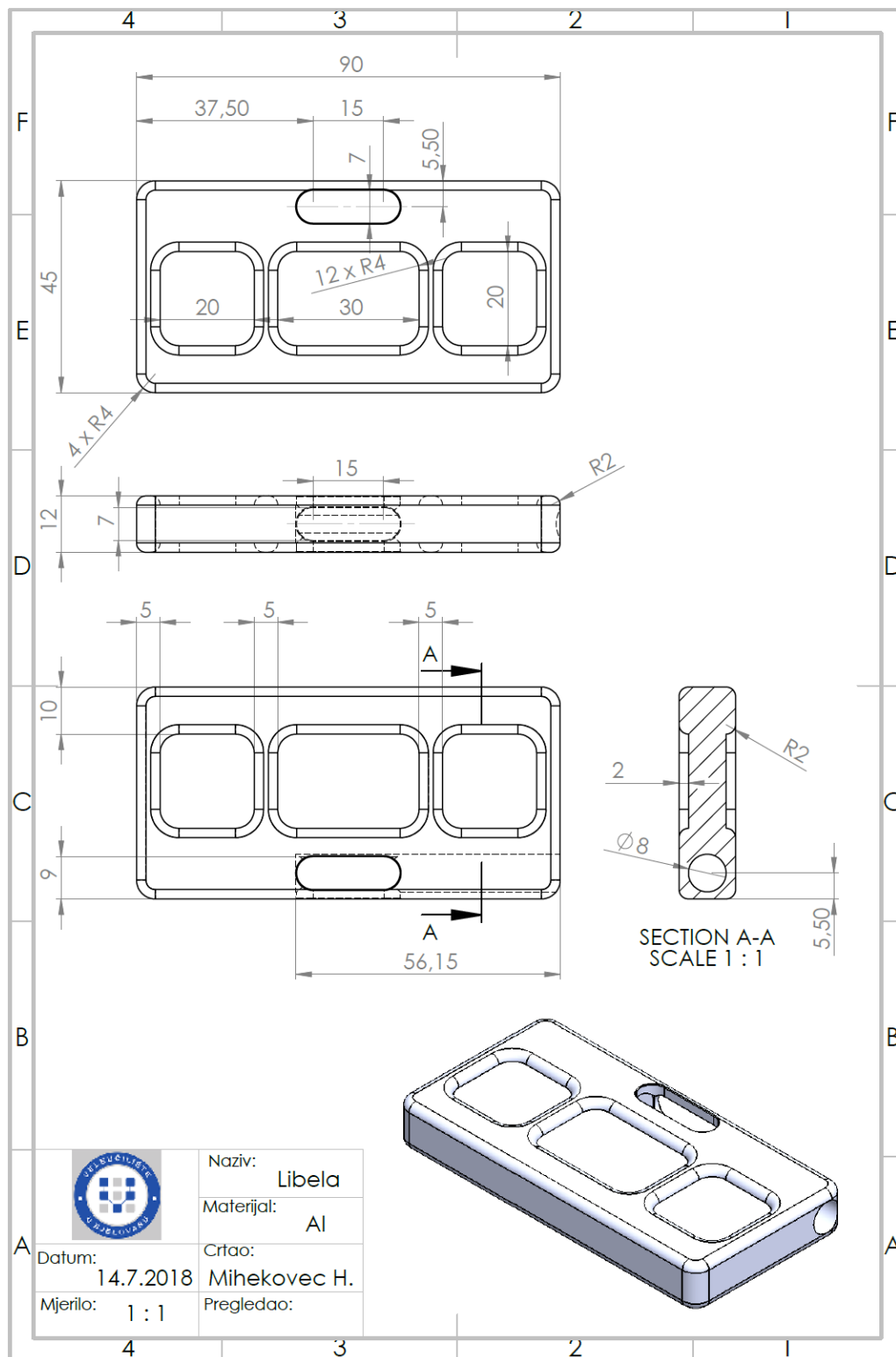
**Title:** Simultaneous 5 axis milling

This thesis is made of a short introduction on milling technology. After that, the practical elaborate shows the basics of CAD/CAM systems usage. The subject of the thesis is simultaneous 5-axis milling. However, because of some changes in the purchase of the milling machine, the thesis is more directed toward 3+2 axis milling rather than the first idea of simultaneous 5-axis milling. This thesis shows the production of the part „libela“, from an idea to the final product. Modelling and work prints are made in SolidWorks software package. The process of programming and milling is made on CNC machine DMG mori CMX 800 V, with the help of Shopmill software package. The process of programming for the purpose of work and programming for 5-axis milling is shown in the SinuTrain software package. At the end of the thesis, there is a comparasion of time needed for the production of the same part, on a 3-axis machine and on a 5-axis machine. The final conclusion is that 5-axis milling is shorter, making it more cost-effective in the long run.

**Keywords:** milling, 5-axis, CNC, CAD/CAM.

## 10. PRILOZI

### 10.1 Prilog 1. Radionički crtež



## 10.1 Prilog 2. Strojni park Oniks d.o.o.

### Glodanje

HAAS TM2P	HAAS VF-3 YT	HAAS VF4, godina proizvodnje 2008. X=1.270, Y=508, Z=635
		
(/images/haastm2p.jpg)	(/images/haas-vf-3-yt.jpg)	(/images/HAAS-VF4-proizvod.jpg)
HAAS VM2, godina proizvodnje 2011. X=762, Y=508, Z=508	HAAS VF2 SS X=762, Y=406, Z=508	INTOS CNC - FNG40
		
(/images/haas-vm2-strojnipark.jpg)	(/images/haas-vf2-ss.jpg)	(/images/FNG40CNCA.jpg)
INTOS NC - FNGP50	HAAS VF-2SS	DMG (2018.) CMX 800 V



(/images/FNG50.jpg)



(/images/vf2-ss-haas.jpg)



(/images/dmg-cmx-800-v.jpg)

---

**DMG - CMX 70 U - 5-osni vertikalni obradni  
centar**

---



(/images/cmx-70-u-product-picture.png)

## Tokarenje

**HAAS TL2, godina proizvodnje 2008**  
MAX Ø406, Z=1.219

**HAAS ST10, godina proizvodnje 2012.**  
max Ø356, Z=356

**NAKAMURA AS-200**



(/images/haas-tl2-strojni-park.jpg)



(/images/haas-st10-strojipark.jpg)



(/images/nakamura-as-200.jpg)

## HAAS ST20Y



(/images/ST-20Y\_lg.jpg)

## Mjerenje

3D TESA MICROMITE mjerni uređaj za završnu kontrolu  
godina proizvodnje 2012.



(/images/3d-tesa-micromite.jpg)

## Lasersko graviranje

---

BAUBLYS BL3000

---



(/images/BL3000-alpha.jpg)

## CNC Vodeno rezanje 3500bar

1500X3000

### Bravarija

Kutna savijačica limova

Škare za rezanje limova

Zavarivanje TIG, MIG - MAG

Pjeskarenje

Staklarenje

Trovaliranje

### Bravarija



## IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>24. 10. 2018.</u>	HRVOJE MIHEKOVEC	Mihelc L.

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

HRVOJE MIHEKOVEC

*ime i prezime studenta/ice*

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 24.10.2018.

Mihelc

*potpis studenta/ice*